



## **TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennustekniikka**

**Talonrakennus**

## **INSINÖÖRITYÖ**

### **PUURUNKOISEN PIENTALON ENERGIA TEHOKKUUDEN KEHITYS**

**Työn tekijä: Janne Taskinen  
Työn ohjaaja: Pekka Tommila**

**Työ hyväksytty: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2010**

**Pekka Tommila  
yliopettaja**



## **ALKULAUSE**

Tämä insinöörityö tehtiin Metropolian Ammattikorkeakoulun rakennustekniikan päättötyönä. Kiitokset perheelle ymmärtämyksestä ja tuesta, jota ilman tämä työ olisi jäänyt tekemättä. Kiitokset myös Pekka Tommilalle tämän työn valvonnasta ja ohjauksesta.

Helsingissä 29.4.2010

Janne Taskinen

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Janne Taskinen	
<b>Työn nimi:</b> Puurunkoisen pientalon energiatehokkuuden kehitys	
<b>Päivämäärä:</b> 29.4.2010	<b>Sivumäärä:</b> 60 s.
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennustekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Talorakennus
<b>Työn ohjaaja:</b> yliopettaja Pekka Tommila	
<p>Tässä insinöörityössä tarkasteltiin suomalaisen puurunkoisen pientalon kehitystä ja energiatehokkuuden paranemista. Lisäksi tutustuttiin pientalon kehitykseen vaikuttaneisiin tahoihin ja niiden toimenpiteisiin. Tässä työssä tutkittiin myös lainsäädännön kehitystä rakennusten lämmöneristävyydestä ja sen vaikutusta rakenteisiin.</p> <p>Aluksi työssä tutustuttiin suomalaisen pientalon historiaan, muutoksiin rakenteissa ja rakentamisessa jälleenrakennuskaudella. Lisäksi tutustuttiin kehitykseen vaikuttaneisiin tahoihin ja niiden toimintaan ja sellaisiin rakennusmateriaaleihin, joiden kehitys on oleellisesti vaikuttanut pientalojen rakenteiden kehitykseen.</p> <p>Tässä perehdyttiin myös rakennuksen sijainnin ja suunnan vaikutuksiin lämmitysenergian kulutukseen, sekä tapoihin tuottaa energiaa uusiutuvaa energiaa hyödyntämällä.</p> <p>Työssä esitettiin kaikki Suomen rakennusmääräyskokoelmat rakennusten lämmöneristyksestä niiltä osin, kuin niissä tapahtuneet muutokset vaikuttavat määräysten tulkintaan. Työssä esitettiin kaikki lämmönläpäisykertoimet, joita eri aikakauden määräykset sisältävät. Lisäksi esitettiin esimerkit kunkin aikakauden määräykset täyttävistä rakenteista ja niiden lämmönläpäisykertoimista.</p> <p>Työn tarkoituksena on toimia tutkimuksena puisen pientalon kehityksestä lämmöneristävyyden kannalta. Lisäksi työn tavoitteena oli kerätä kaikki eri aikakausien rakennusmääräyskokoelmien lämmönläpäisykertoimet ja tarvittavat tiedot niiden käyttämiseksi ja tutustuttaa lukija uusiutuvalla energialla energiaa tuotaviin laitteisiin.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Puurakentaminen, pientalo, lämmöneristysmääräykset, energiatehokkuus.	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Janne Taskinen	
<b>Title:</b> Wooded frame family house energy efficiency development	
<b>Date:</b> 29.4.2010	<b>Number of pages:</b> 60
<b>Department:</b> Civil Engineering	<b>Study Programme:</b> Building Engineering
<b>Instructor:</b> Pekka Tommila, Senior Lecturer	
<b>Supervisor:</b> Pekka Tommila	
<p>The purpose of this graduate project was to examine the development of Finnish wood framed construction and the improvement of energy efficiency. This study also introduces companies and acts, which have affected family house constructions. In addition the development of heat insulation and it's effect on the frames are studied.</p> <p>First the history of Finnish house and different kinds of frames and constructions in reconstruction period were examined. Also companies which affected construction development were studied as well as the building materials which have affected family house frame development.</p> <p>This study also explores how the location and the direction of the house impacts heat energy consumption and ways to create energy by using renewable energy.</p> <p>In this study the Finnish construction regulation collections about the heat insulation are presented partly. All the heat transmission coefficients that different periods include are presented, as well as the frames and heat transmission coefficients, which are regulated in every period.</p> <p>The purpose of this graduate projects was to study the wooded family house development from the heat insulation viewpoint. Also the purpose was to gather all the construction regulation collections heat transmission coefficients from different periods and the necessary information on how use them. The purpose was also to familiarize the reader with the equipment, that create renewable energy.</p>	
<b>Keywords:</b> Wood construction, family house, heat insulation regulations, energy efficient.	

## SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen toteutus	1
<b>2</b>	<b>MÄÄRITELMIÄ</b>	<b>2</b>
2.1	Käsitteitä	2
2.2	Ilmanvaihdon käsitteitä	3
<b>3</b>	<b>HISTORIAA</b>	<b>4</b>
3.1	Rakentamisen varhaiset vaiheet	4
3.2	Jälleenrakentamisen vaiheet	5
3.2.1	Maatalousministeriö	6
3.2.2	Kymro	6
3.2.3	Suomen Arkkitehtiliitto	7
3.2.4	Standardisointi	7
3.2.5	Jälleenrakennusajan jälkeen	7
3.2.6	Rakentajan kalenteri	8
3.3	Teollinen valmistus	8
3.3.1	Myyntiyhdistys Puutalo OY	9
3.3.2	Elementtirakentaminen nykyisin	9
3.4	Lämpösuunnittelun historiaa	9
<b>4</b>	<b>RAKENNUSMATERIAALIT</b>	<b>12</b>
4.1	Puu	12
4.2	Sahanpuru	12
4.3	Puukuituvilla	13
4.4	Mineraalivilla	13
4.5	Puukuitulevyt	14
4.6	Lastulevyt	15
4.7	Kipsilevyt	15
4.8	Paperi ja pahvi	15
4.8.1	Bitumivuorauspaperi	16

4.9	Muovikelmu	16
4.10	Solupolystyreeni	16
5	TONTIN VAIKUTUS ENERGIAANKULUTUKSEEN	17
5.1	Tonteilla on erilaiset ilmastot	17
5.2	Rakennuspaikka	17
6	TALON SUUNNITTELU	18
6.1	Talon muoto ja lämpötalous	19
6.2	Lämpövyöhykkeet	19
6.3	Auringosta energiaa	19
6.3.1	Lämpöä varastoon	20
7	ILMANVAIHTO	20
7.1	Painovoimainen ilmanvaihto	20
7.2	Koneellinen poisto	21
7.3	Koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla	22
8	RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMAT C3	23
8.1	Rakentamismääräyskokoelma C3 1975	23
8.1.1	Yleistä	23
8.1.2	Lämmönläpäisykertoimet, asuinhuoneisto ja asuinhuoneeseen verrattava tila	24
8.1.3	Lämmönläpäisykertoimet ikkuna ja ovi	26
8.1.4	Työhuone	26
8.1.5	Ohjeita energian säästämiseksi lämmöneristystä parantamalla	27
8.2	Rakennusmääräyskokoelma C3 1978	27
8.2.1	Soveltamisalue	27
8.2.2	Lämmöneristämisen yleisperiaatteet	28
8.2.3	Lämmönläpäisykertoimet	29
8.2.4	Lämmönläpäisykertoimet ikkuna ja ovi	30
8.3	Rakentamismääräyskokoelma C3 1985	31
8.3.1	Lämmönläpäisykertoimet	31
8.4	Rakentamismääräyskokoelma C3 2002	32
8.4.1	Lämmönläpäisykertoimet	33
8.5	Rakentamismääräyskokoelma C3 2007	34
8.5.1	Lämmönläpäisykertoimet	35
8.6	Rakentamismääräyskokoelma C3 2009	36
8.6.1	Lämmönläpäisykertoimet	37
8.7	Rakennuksen vaipan lämpöhäviön tasauslaskenta	39
9	TYYPILLISET RAKENTEET JA LÄMMÖNERISTÄVYYDET	39
9.1	Jälleenrakennusajan pientalo	39
9.1.1	Hirsiseinät	39
9.1.2	Sahajauhotäytteinen lautaseinä	40

9.1.3	<i>Alapohja</i>	41
9.1.4	<i>Yläpohja</i>	41
<b>9.2</b>	<b>1960-luku ja 1970-luvun alku</b>	<b>42</b>
9.2.1	<i>Ulkoseinä öljylämmitteisessä talossa</i>	42
9.2.2	<i>Alapohja</i>	42
9.2.3	<i>Yläpohja</i>	42
<b>9.3</b>	<b>Rakenteet vuonna 1976 ensimmäisten lämmöneristysmääräysten jälkeen</b>	<b>43</b>
9.3.1	<i>Ulkoseinä</i>	43
9.3.2	<i>Alapohja</i>	43
9.3.3	<i>Yläpohja</i>	43
<b>9.4</b>	<b>Rakenteet 1979 voimaan tulleiden määräysten jälkeen</b>	<b>44</b>
9.4.1	<i>Ulkoseinä</i>	44
9.4.2	<i>Alapohja</i>	44
9.4.3	<i>Yläpohja</i>	44
<b>9.5</b>	<b>Rakenteet 1985 voimaan tulleiden määräysten jälkeen</b>	<b>45</b>
9.5.1	<i>Ulkoseinä</i>	45
9.5.2	<i>Alapohja</i>	45
9.5.3	<i>Yläpohja</i>	45
<b>9.6</b>	<b>Rakenteet 2003 voimaan tulleiden määräysten jälkeen</b>	<b>46</b>
9.6.1	<i>Ulkoseinä</i>	46
9.6.2	<i>Alapohja</i>	46
9.6.3	<i>Yläpohja</i>	46
<b>9.7</b>	<b>Rakenteet 2008 voimaan tulleiden määräysten jälkeen</b>	<b>47</b>
9.7.1	<i>Ulkoseinä</i>	47
9.7.2	<i>Alapohja</i>	47
9.7.3	<i>Yläpohja</i>	47
<b>9.8</b>	<b>Rakenteet 2010 voimaan tulleiden määräysten jälkeen</b>	<b>48</b>
9.8.1	<i>Ulkoseinä</i>	48
9.8.2	<i>Alapohja</i>	49
9.8.3	<i>Yläpohja</i>	49
<b>10</b>	<b>UUSIUTUVAN ENERGIAN TUOTTOLAITTEITA</b>	<b>49</b>
10.1	<b>Ilmalämpöpumppu</b>	<b>49</b>
10.2	<b>Maalämpöpumppu</b>	<b>50</b>
10.3	<b>Poistoilmalämpöpumppu</b>	<b>51</b>
10.4	<b>Ilma-vesilämpöpumppu</b>	<b>52</b>
10.5	<b>Aurinkopaneeli</b>	<b>53</b>
10.6	<b>Tuulisähkö</b>	<b>55</b>
<b>11</b>	<b>VÄHÄN ENERGIAA KULUTTAVAT TALOT</b>	<b>56</b>
11.1	<b>Matalaenergiatalo</b>	<b>56</b>
11.2	<b>Passiivitalo</b>	<b>57</b>
11.3	<b>Nollaenergiatalo ja Plusenergiatalo</b>	<b>57</b>
<b>12</b>	<b>MIKSI RAKENTAA ENERGIAATEHOKAS TALO ?</b>	<b>57</b>

<b>13 YHTEENVETO</b>	<b>58</b>
<b>VIITELUETTELO</b>	<b>60</b>



## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Tutkimuksen tausta**

Ilmastomuutos on pakottanut ihmiskunnan miettimään energiansäästötapoja ja uusiutuvan energian lähteitä. Suomessa ympäristöministeriön mukaan 39 prosenttia energian kulutuksesta tulee rakennuksista, joten rakennusten käyttämällä energialla on iso rooli Suomen pyrkiessä vähentämään kasvihuonepäästöjään. Itse asiassa rakennusten normien kiristämisellä on saatu aikaan merkittäviä lämmitysenergian säästöjä. Ympäristöministeriön tilastojen mukaan vuodesta 1970 vuoteen 2007 asuntokanta on noussut 1,7 miljoonasta asunnosta 2,7 miljoonaan, mutta lämmitysenergian tarve on pysynyt samana. Vuonna 2007 asunnot kuluttivat asuntoa kohden keskimäärin 60 prosenttia vähemmän kuin vuonna 1970. Koska poliitikot Suomessa päättävät toimenpiteistä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi, on Suomessa viimeaikoina kiristetty rakennusten energiankulutuksen normeja rajusti.

### **1.2 Tutkimuksen toteutus**

Tutkimus toteutetaan tekijän mielenkiinnosta pientalon lämmöneristyskyvyn parantumiseen ja eri aikakauden talojen rakenteisiin.

Tutkimus on rajattu koskemaan puurunkoisia pientaloja ja erityisesti niiden vaipan lämmöneristävyyttä. Siksi esimerkiksi kivitalot ja ikkunat on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Tässä työssä tutustutaan suomalaisen puisen pientalon kehitykseen ja lämmöneristävyyden parantumiseen sekä sitä ohjaaviin rakentamismääräyksiin ja niiden vaikutuksia pientalon rakenteisiin. Lisäksi käydään läpi rakennuksen sijainnin ja suunnan vaikutukset energian kulutukseen sekä vaihtoehtoisia energiantuottotapoja. Työssä tutustutaan myös eri aikakauden tyypillisiin rakenteisiin ja niiden lämmöneristyskykyyn.

## 2 MÄÄRITELMIÄ

### 2.1 Käsitteitä

**Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo** tuli käyttöön vuoden 2003 alusta ja ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ .

**Lämmönläpäisykerroin eli k-arvo** oli käytössä vuoden 2002 loppuun asti jolloin se korvattiin termillä U. Termi k tulee sanasta kaloriarvo.

**Erityisen lämmin tila** on sellainen tila, jossa käyttötarkoituksesta johtuen sisälämpötila on jatkuvasti tai ajoittain korkea verrattuna tavanomaiseen lämpimään tilaan. Tällainen tila voi olla esimerkiksi saunan löylyhuone.

**Lämmin tila** on sellainen tila, jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä valitaan  $+17^{\circ}C$  tai sitä korkeampi lämpötila.

**Puolilämmin tila** on sellainen tila, joka ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun pelkästään normaalia sisävaatetusta käyttäen. Tilan keskilämpötilana pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään  $+5^{\circ}C$ , mutta alle  $+17^{\circ}C$  tai tilan lämpötila olisi näissä rajoissa ilman tuotantoprosessin luovuttamaa lämpöä.

**Jäähdytettävä kylmä tila** on sellainen tila, jossa jäähdytys- ja mahdollisen lämmitysjärjestelmän avulla ympärivuotisesti ylläpidetään käyttötarkoituksen mukaista alle  $17^{\circ}C$  lämpötilaa. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi viileät kellari- ja varastotilat.

**Lämmittämätön tila** on sellainen tila, jota ei ole tarkoitettu lämmityskaudella jatkuvaan oleskeluun ja jota ei ole tarkoituksellisesti lämmitetty. Lämmittämättömän tilan lämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilaa. Lämmön eristys vaatimuksen eivät koske lämmittämätöntä tilaa eikä niitä oteta huomioon rakennuksen vaipan lämpöhäviöitä laskettaessa. Lämmittämättömiä tiloja ovat esimerkiksi lasitetut parvekkeet, ulkonevat kuistit, lämmittämättömät autotallit sekä rakennuksen yhteydessä olevat lämmittämättömät viherhuoneet.

**Rakennuksen vaippaan** sisältyvät ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu rakennuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennusosat.

**Ilmansulku** tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle.

**Mitoittavalla lämpötilalla** tarkoitetaan niitä sisä- ja ulkoilman lämpötiloja, joiden perusteella rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarve on määritetty.

**Rakennuksen lämmityksen lämpöenergian tarve** on se lämpömäärä, joka rakennuksen lämmitysjärjestelmän tulee rakennuksen lämmitettäviin tiloihin luovuttaa, jotta vaaditut lämpöolosuhteet ylläpidetään.

**Keskimääräinen lämmönläpäisykerroin** saadaan laskemalla yhteen lämmönläpäisykertoimilla kerrotut vaipan osapintojen alat sekä jakamalla näin saatu luku koko vaipan alalla.

**Lämpökerroin** kertoo kuinka paljon laite kykenee tuottamaan lämpöä kilowatteina, verrattuna kuluttamaansa sähköön kilowatteina. Eli jos laite kuluttaa sähköä 1 kilowatin ja tuottaa lämpöä 3 kilowattia on sen lämpökerroin 2,0. Lämpökerroin merkitään monesti lyhenteellä COP, joka on mitattu +7 asteessa. COP on lyhenne sanoista coefficient of performance.

**Biokattila** on lämmityskattila jossa voidaan polttaa erilaisia puutuotteita ja tuottaa lämmitysenergiaa uusiutuvalla energialla.

## 2.2 Ilmanvaihdon käsitteitä

**Painovoimaisella** eli luonnollisella ilmanvaihdolla ilman liike perustuu pääasiassa ulko- ja sisäilman lämpötilaeroihin.

**Koneellisessa** eli pakotetussa ilmanvaihdossa ilman poisto ja/tai sisään puhallus tapahtuu koneellisesti. esim. puhaltimen avulla.

**Lämmöntalteenotto LTO** on laitteisto, jonka avulla poistoilmasta siirtyy lämpöä joko tuloilmaan taikka muuhun rakennuksen tiloja lämmittävään järjestelmään ja joka näin alentaa rakennuksen lämmitysenergiankulutusta.

**Lämmönvaihdin** on lämmöntalteenottolaitteiston osa, jossa lämpöenergia siirtyy poistoilmavirrasta tuloilmavirtaan.

**Jälkilämmitin** on ilmanvaihtokoneen osa (sähkövastus, vesipatteri), jolla lämmitetään tuloilmaa, jos tuloilman lämpötila ei ole riittävän korkea lämmönvaihtimen jälkeen.

**Tuloilma** on ilmanvaihtolaitteelta huoneistoon tuleva ilma.

**Poistoilma** on huoneistosta ilmanvaihtolaitteelle tuleva ilma.

### 3 HISTORIAA

#### 3.1 Rakentamisen varhaiset vaiheet

Suomen rakennuskulttuuri periytyy sekä lännestä että idästä. Tämä ilmenee rakennusten suunnittelussa ja rakennustekniikassa ja tavoissa. Monet rakentamiseen liittyvät vaikutteet tulivat Ruotsista, mutta esimerkiksi lamasalvostekniikka on oletettavasti balttialaista alkuperää. Tilapäisistä asuinsuojista vanhimpia vieläkin käytössä olevia ovat vinoseinäinen lakka eli laavu ja pohjaltaan pyöreä pistekota, lapinkota. Vanhin asuinrakennus tyyppi lienee pohjaltaan neliön muotoinen satulakatolla katettu hirsikota, jonka keskellä sijainneen tulisijan savut on johdettu ulos katosta olevasta aukosta. Kota on osittain voitu kaivaa maahan.

Vanhimmat hirsirakennukset tehtiin veistämättömistä hirsistä ja niissä oli maanvarainen lattia. Asumusten kehittyessä lattia korotettiin maasta. Lamasalvostekniikkaan on siirrytty todennäköisesti viikinkiajalla, noin 800-1000-luvuilla. Hirsikodasta kehittyi savupirtti, joka levisi maahan idästä Karjalan ja Savon kautta todennäköisesti 1300-luvun alkupuolella ja se on ollut käytössä 1900-luvulle saakka. 1700-luvulta lähtien savutuvisissa saattoi olla pienet lasi-ikkunat.

Rakennusteknillisesti lamasalvostekniikkaa paranneltiin 1700- ja 1800-luvuilla siten, että hirsiiä jatkamalla pystyttiin rakentamaan suuriakin huoneita. Sahateollisuuden kehittyessä 1700-luvulla rakennuksia ryhdyttiin myös maaseudulla vuoraamaan ulkoapäin lautaverhouksella. Kaupungeissa puuverhous oli jo yleinen. 1800-luvulla rakennuksia alettiin perustaa kivijalalle ja niissä alettiin käyttää täytepohjaa. Hirsiseinät veistettiin sisältä ja ulkoa. Kaupungit, talot ja kylät rakennettiin pääasiassa puusta 1800-luvun lopulle asti. Sahateollisuuden tuotevalikoima kasvoi 1800-luvulla samalla, kun puunhinta nousi. Puun säästämiseksi kehitettiin rankorakenteinen seinä, jota käytettiin Suomessa ensimmäisen kerran 1800-luvun puolivälissä huviloissa Turun saaristossa. Nämä seinät olivat tyhjiä sisältä. Rankorakenteinen runko syrjäytti hirsirungon 1930-1940-luvulla, ja on siitä lähtien ollut pientalon yleisin runkoratkaisu. Aluksi kokeiltiin Ruotsissa kehitettyä runkoa, jossa eristeenä käytettiin pelkkää ilmaa, tämä ei kuitenkaan ollut toimiva ratkaisu, joten seiniä ryhdyttiin täyttämään sahajauholla.[1.]

### 3.2 Jälleenrakentamisen vaiheet

Talvisodassa menetettiin yli 100 000 rakennusta alueluovutusten ja ilmapommitusten seurauksena. Tämän lisäksi yli 400 000 evakkoa oli vailla kotia. Huutavan asuntopulan vuoksi oli välttämätöntä tehostaa asuntotuotantoa. Asuntotuotannon tehokkuutta pyrittiin tehostamaan aloittamalla teollisesti valmistettavien pientalojen suunnittelu ja valmistus, sekä tyyppitalopii-rustusten suunnittelu ja julkaisu että yleisen standardisoinnin kehittäminen.

Ensimmäiset asutuskeskuksiin tarkoitetut tyyppipiirustuskokoelmat julkaisi sosiaaliministeriö jo vuosina 1922-1924 sekä seuraavat 1935. Nämä suunnitteli arkkitehti Elias Paalanen. 1939 käydyn omakotirakennusten tyyppipiirustuskilpailun voitti arkkitehti Kaj Englund. Yhdessä ehdotuksessa hän toi esille myös kasvavan talon idean periaatteen, joka sittemmin esiintyi useissa jälleen rakennuskauden tyyppikokoelmissa. Vuodesta 1941 vuoteen 1945 sosiaaliministeriö julkaisi useita kymmeniä tyyppipiirustuksia kaupunkien ja asutuskeskusten tarpeisiin. Varhaiset talotyyppit olivat pääosin yksikerroksisia, kun taas kaikki vuoden 1945 tyyppit olivat puolitoistakerroksisia.



Kuva 1 Kaj Eklundin piirtämä rintamamiestalo.[7.]

### 3.2.1 Maatalousministeriö

Maatalousministeriön asuntoasianosastolla oli keskeinen valvova ja toimeenpaneva viranomaistaho maaseudun rakennus ja asutustoiminnassa. Käytännön suunnittelu ja toteutus oli asuntoasianosaston alaisella Maatalousseurojen keskusliiton (MKL) vastuulla. MKL:n rakennusosasto julkaisi tyyppipiirustussarjoja vuosina 1941, 1945, 1947, 1948 ja viimeiset 1952, jotka yhä noudattelevat hyvin tarkasti jälleenrakennuskauden tyyppitalosuunnittelun ihanteita. Rakennustöiden avuksi Asutusvaliokunta julkaisi maatalouden rakennusoppaan ja työselityksen. Ensimmäinen painos ilmestyi vuonna 1946 ja toinen painos seuraavana vuonna. Rakennusopas jaettiin kaikille rakentajille.[2.]

### 3.2.2 Kymro

Kululaitosten ja yleisten töiden ministeriön rakennusasiain osasto eli KYMRO oli 1940-luvun määräävä rakennusviranomainen. KYMRON toimiaikana 1941-49 sen vastuulle kuului mm. rakennusainehuolto sekä rakennusaineiden säännöstely ja valvonta. KYMRO tilasi vuonna 1944 Suomen arkkitehti-liiton jälleenrakennustoimistolta tyyppitalosarjan asutuskeskusten tarpeisiin. Aulis Blomstedtin ja Yrjö Lindegrenin suunnittelemaat yhdeksän talotyyppiä on julkaistu myös RT-kortteina. Talotyypeissä kaikki käytetyt rakennusosat olivat Standardisointilaitoksen kehittämiä RT-standardeja.[2.]

### 3.2.3 Suomen Arkkitehtiliitto

Suomen Arkkitehtiliitossa (SAFA) huolestuttiin heti talvisodan jälkeen jälleen rakentamisen laadusta, varsinkin rajaseuduilla, jossa kaavoitus ja rakennustyyppien suunnittelu oli hoidettu ammattitaidottomasti. SAFA perustikin vuonna 1941 havaintokomitean, jonka tehtävä oli seurata jälleenrakennustoimintaa ja tehdä aloitteita sekä ehdotuksia. Komiteaan kuuluivat Otto-livari Meurman, Alvar Aalto ja Martti Välikangas. Havaintokomitea jäi lyhytaikaiseksi, sillä se korvattiin jo samana vuonna jälleenrakennustoimikunnalla, jonka piiriin keskitettiin kaikki SAFAn jälleenrakennustoiminta. Toimikunnan tärkein tehtävä oli jälleenrakennustyön ja erityisesti rakennusalan standardisoinnin organisointi. 1942 perustettiin jälleenrakennustoimisto, jonka johtokunta muodostui SAFAn hallituksesta ja Jälleenrakennustoimikunnasta. Toimiston tavoite oli kehittää rakennusosien standardisointia ja turvata rakentamisen korkealaatuisuus. Toimiston aktiivisin työ keskitettiin rakennusalan standardisointiin. Toiminnan laajenemisen takia jälleenrakennustoimiston nimi muutettiin 1947 SAFAn standardisoimislaitokseksi ja 1972 se yhdistyi osaksi Rakennustietosäätiötä.

### 3.2.4 Standardisointi

Standardisointilaitoksen tavoitteet ja standardisoinnin ideologinen tausta julkaistiin 1942 ilmestyneessä vihkosessa Rakennustaide ja standardi. Julkaisun kirjallinen asu on Mika Waltarin ja ajatukset Alvar Aallon. Standardisointia pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman joustavan standardisoinnin mukaisesti, jotta se mahdollistaisi mahdollisimman monipuolisen rakentamisen. Standardisoimislaitos alkoi julkaista rakennusalan sanakirjaa, Rakennustietokortistoa eli RT-kortistoa. RT-kortistolle asetettiin neljä tavoitetta. Siihen tuli sisältyä kaikki rakennusalan materiaalit, oltava aina ajankohtainen, helppokäyttöinen ja tarpeeksi arvovaltainen sekä pätevä nauttiakseen rakennusalan ammattilaisten ja tuottajien luottamusta. Ensimmäiset RT-kortit julkaistiin 1943. RT-kortistosta muodostui jatkuvasti täydentyvä normittava ja palveleva tietopankki, joka tänä päivänäkin palvelee rakennusala.

### 3.2.5 Jälleenrakennusajan jälkeen

Vuonna 1949 KYMRO voitiin lakkauttaa, koska pula-aika alkoi helpottaa ja tiukimmasta säännöstelystä voitiin luopua. Samana vuonna perustettiin Arava-järjestelmä helpottamaan asuntotuotantoa. Asunnon ostaja sai halpaa valtion tukemaa lainaa ja verohelpotusta. Aravalainan saamiseksi asunnon

tuli täyttää aravalain vaatimat kriteerit. Omakotirakentamisen laatu oli heikentynyt 1950-luvun vaihteessa niin paljon, että Arkkitehtiliitto järjesti aravaa esittelevän näyttelyn, jossa pyrittiin tuomaan arava tunnetuksi rakentajille, valtiovallalle ja suurelle yleisölle. Rakentamisen laadun takaamiseksi standardisointilaitos suunnitteli kuuden talon tyyppipiirustukset, jotka täyttivät aravalainan ehdot ja joita viranomaiset voisivat muunnella helposti vastaamaan paikallisia tarpeita.[2.]

### 3.2.6 *Rakentajan kalenteri*

Rakentajan kalenteria on julkaistu Suomessa vuodesta 1917 lähtien. Kalenterin esikuvina toimivat saksalaiset julkaisut. Kalenteria alkoi julkaista Suomen Rakennusmestariiliitto. Kalenteria alettiin heti julkaista vuosittain, se sisälsi ajan tasaisia teknisiä taulukoita, kuormitusohjeita ja materiaalien kokoja sekä hintoja. Kalenterissa julkaistiin myös rakennusalan teknikot ja organisaatiot, sekä insinöörit ja arkkitehdit. 1930-luvulla ilmestyneessä kalenterissa julkaistiin taulukko seinän lämmöneristämisestä, siihen oli koottu 19 seinärakennetta joille kullekin oli laskettu k-arvo. 1938 julkaistussa kalenterissa taulukko laajeni entisestään ja sisälsi sekä lämmöneristävyyden laboratorio arvon että sovelletun arvon, jossa otetaan huomioon muun muassa tuuli. Useimmat puuseinät olivat nykyisten kaltaisia runkorakenteiltaan. 1950-luvulle tultaessa rakentajan kalenteri oli saavuttanut vakiintuneen aseman rakennesuunnittelun oppi ja käsikirjana. Rakentamisen rajun kasvun myötä myös rakentajan kalenteri on laajentunut entisestään. Rakentajan kalenteria on julkaissut vuodesta 1991 asti Rakennustieto OY. Kalenteri on yhä tänäkin päivänä merkittävä rakennus alan tiedon lähde, sieltä löytyvät esimerkiksi rakennusalan ammattilaisten nimet.[8.]

## 3.3 Teollinen valmistus

A. Ahlström OY aloitti yhteistyössä Alvar Aallon kanssa esivalmistettujen tyyppitalojen tuotannon Suomessa 1937. Ensimmäinen talomalli oli Alvar Aallon suunnittelema puurunkoinen, esivalmistetuista osista paikan päällä kasattava yhdenperheentalo. Ensimmäiset talot rakennettiin yhtiön Varkauden tehtaan työntekijöille. 1938 muutamaa Aallon suunnittelemaa talomallia alettiin markkinoida suurelle yleisölle. Täysimittainen tyyppitalotuotanto saavutettiin kuitenkin vasta 1940 Varkauden talotehtaan perustamisen myötä. Siten yhtiön teollisesti esivalmistetut pientalot olivat apuna jälleenrakennuskaudella. Vuonna 1941 tehtaalla oli kuusitoista täysin esivalmistettua talo-



mallia, näiden tuotanto jäi kuitenkin vähäiseksi, koska jatkosodan alkaessa tehtaan tuotanto keskitettiin puolustusvoimille meneviin parakkeihin ja vaneriteltoihin. Sodan päätyttyä Varkauden tehdas jatkoi talojen tekoa aina vuoteen 1975, jolloin se lopetettiin kannattamattomana.[2.]

### 3.3.1 *Myyntiyhdistys Puutalo OY*

1940 perusti 21 puujalostusteollisuuden yritystä Myyntiyhdistys Puutalo OY:n tehostamaan valmiiden puurakennusten ja rakennusosien teollista valmistusta ja markkinointia. Puutalo OY:n ensimmäinen talomallisto suunniteltiin yhteistyössä ruotsalaisten kanssa, jotka olivat edellä suomalaisia teollisessa talon valmistuksessa. Yhtiö oli heti yhteistyössä 1942 perustetun Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen kanssa. Vaikka Puutalo OY ei tavoitellut taloudellista voittoa, oli sen ulkomaan vienti 1950-luvulla jopa kansantaloudellisesti merkittävää.[2.]

### 3.3.2 *Elementtirakentaminen nykyisin*

Työmaalla tehdyn työn kustannusten nousu, sekä omatoimirakentamisen väheneminen on johtanut elementtirakentamisen kasvuun. Teollisessa esivalmistuksessa kyetään käyttämään apuna koneita sekä minimoimaan hukat, mikä on mahdollistanut kilpailukykyisten hintojen ylläpidon. Nykyisin yhä useampi tilaa talonsa avaimet käteen-periaatteella. Elementtirakennusten laatu on parempi paremman laadunvalvonnan seurauksena. Valmistalot ylittävät yleensä eristemateriaalivahvuuksiltaan saman aikakauden paikalla tehdyt talot, joten niillä on laskennallisesti parempi lämmönkulutus. Tämä ei kuitenkaan kerro koko totuutta, koska asennus- ja suunnitteluvirheiden takia niissä on monesti ilmennyt pahoja ilmapuotoja. Uusissa elementtitaloissa tämä asia on saatu aika hyvin korjattua.

## 3.4 **Lämpösuunnittelun historiaa**

Rakennusten lämmityksen ja ilmanvaihdon suunnittelu alkoi viime vuosisadalla terveydellisistä syistä. Perustan loi saksalaisen Max von Pettenkoferin 1858 julkaisema kirja *Kokeita asuinrakennuksen ilmanvaihdesta*.

J. Strömberg esitti 1914 *Teknillisessä käsikirjassa* kaavan lämmön läpikulukertoimen k laskemiseksi. K oli "lämmönpaljous lämpöyksiköinä". Kirjan

mukaan ”lämpöyksikköä sanotaan kaloriiksi”, eli k-arvo on lyhennys sanasta kaloriarvo. Strömberg esitti hirsiseinän k-arvoksi vuoraamattomana 0,8-0,6 (nykymitoin 0,9-0,7) ja vuorattuna 0,5-0,4 (0,6-0,5). 60 cm tiiliseinän arvo oli 1,0 (1,2) ja 30 cm:n täytteellä varustetun välikaton 0,40 (0,47). ”Numeroarvo vaihtelee eri henkilöiden tekemien kokeiden mukaan jonkin verran.”

Suomenkielisten Teknikkojen Seura, Suomen Arkkitehtiklubi ja Suomen Rakennusmestari liitto asettivat Rakennusaineiden Normaalimääräyskokoelman, jonka toimesta insinööri Erik Keso julkaisi 1915 ehdotuksen keskuslämmityslaitosten määräyksiksi. Tässä julkaisussa määriteltiin meillä ensi kertaa virallisesti laskelmissa käytettävät rakenteiden lämmönsiirtymisluvut eli k-arvot, esimerkiksi 60 cm:n tiiliseinä,  $k = 0,98$  (nykymitoin 1,14), 15 cm:n hirsiseinä,  $k = 0,60$  (0,70) ja sama varustettuna ulkolaudoituksella, sen alla olevalla kattahuovalla sekä sisäpuolisella seinäpaperilla,  $k = 0,5$  (0,6). Eri rakenteille ei vielä asetettu vähimmäisvaatimuksia, vaan lämmitysjärjestelmä mitoitettiin rakenteiden mukaan.

Ruotsissa insinöörit H. Kreüger ja A. Eriksson suorittivat 1920-1923 perusteellisia kokeita rakennusaineiden ja rakenteiden lämmönläpäisyn mittaamiseksi, määrittäen lamda- ja k-arvoja sekä eri paikkakuntien lämmönkulutuslukuja. Suomessa Rakentajain kalenteri alkoi julkaista säännöllisesti k-arvoja ruotsalaisen tutkimuksen mukaan vuodesta 1937 lähtien. Rakennusinsinööriyhdistyksen aloitteesta Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT laati lämmöneristyskiä ja niiden taloudellista paksuutta koskevan ohjeen ”Asuinrakennusten lämmöneristyksestä”, joka julkaistiin 1946. Saman yhdistyksen toimesta määriteltiin 1949 rakennusmateriaalien suomalaiset lamda-arvot sekä rakenteiden k-arvot julkaisussa *”Asuinrakennusten seinämien lämmönläpäisyluvut ja niiden suositeltavat enimmäisarvot.”*

Suomessa pidettiin perinteisesti kahden kiven tiiliseinän eristyskykyä ohjeellisena rakennuksia mitoitettaessa. *Tekniikan käsikirja* 1952 totesi: ”Mikäli kysymys on eristämisestä ulkoilmaa vastaan, eristyskyky on oleva sama kuin kahden kiven eli 57 cm paksuisen seinän punaisista tiilistä; tällaisen seinän lämmönläpäisykertoimena on mainittu arvo  $k = 0,85$  (nykymitoin 0,98).”

Rakennusinsinööriyhdistys laati ”Asuinrakennusten lämmöneristysnormit” 1962. VTT uusi ne 1969, mutta jo 1972 energiakriisi pakotti yllättäen jälleen tarkistamaan määräyksiä. Ensimmäiset sisäasiainministeriön hyväksymät

energiasäästöön tähtäävät normit julkaistiin Suomen rakennusmääräyskoelmassa C3 1975. Niitä tiukennettiin ensimmäisen kerran jo 1978 annetuilla määräyksillä.[3.]

Vuonna 1985 voimaantulleissa lämmöneristysmääräyksissä raskaille ja kevyille rakenteille asetettiin samat lämmönläpäisykerroinvaatimukset, kun taas vuoden 1975 ja 1978 määräyksissä raskaille rakenteille sallittiin suurempi k-arvo niiden paremman lämmönvarauskyvyn takia. Vuonna 2003 voimaan astuneissa ympäristöministeriön lämmöneristysmääräyksissä on huomioitu rakennusten ilmanvaihdon kehitys. Rakennuksen vaipan ilmanpitävyyteen on tässä kokoelmassa kiinnitetty huomiota, sekä annettu mahdollisuus parantaa jäteilman lämmöntalteenottoa vaatimustasoa paremmaksi ja kompensoida sen avulla mahdollisesti muissa rakenteissa esiintyviä lämmönläpäisykertoimien ylityksiä. Lämmönläpäisykertoimia kiristettiin edelleen. Tässä kokoelmassa k-arvo on muuttunut U-arvoksi.

Vuonna 2008 voimaan astuneissa määräyksissä kokovuotiseen tai talvikäyttöön tarkoitetut loma-asunnot liitettiin määräysten piiriin. Tämä määräys mahdollisti että rakennuksen vaipan vaatimustasoa suurempi lämpöhäviö voidaan kompensoida myös paremmalla rakennuksen vaipan ilmanpitävyydellä. Lämmönläpäisykertoimia kiristettiin hyvin vähän. Lämmönläpäisyker-toimista alettiin puhua vertailuarvoina, koska alettiin laskea rakennuksen lämpöhäviötä. Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta on säännökset rakentamismääräyskokoelmassa D3. Nykyisin voimassa olevat lämmöneristysmääräykset tulivat voimaan 2010. Voimassa olevassa määräyksessä lämmönläpäisykertoimen vertailuarvot kiristyivät huomattavasti. Seinän U-arvojen kiristyttyä huomattavasti hirsiseinälle annettiin oma helpotettu U-arvo, mikä mahdollistaa jatkossakin hirsirakentamisen jatkumisen.

## 4 RAKENNUSMATERIAALIT

Tässä käydään läpi lyhyesti yleisimmät puurakentamisessa käytetyt rakennusmateriaalit.

### 4.1 Puu

Puulla on hyvät rakennustekniset ominaisuudet. Sitä voi käyttää yhtä aikaa kantavana, pinnoittavana ja eristävänä rakenteena. Puuta on maassamme saatavilla runsaasti melkein koko maassa, se on luonnontuote joka uusiutuu, joten se on myös ekologinen rakennusmateriaali. Puusta on rakennettu asumuksia Suomessa jo noin kymmenentuhatta vuotta. Puuta on helppo työstää, se on kevyttä eikä siitä haihdu terveydelle haitallisia aineita. Puusta tehtyjä rakenteita ja rakennusosia on helppo liittää toisiinsa, joten puusta voi rakentaa monenmuotoisia rakennelmia ja tiloja. Puun käyttöä ja suunnittelun lisävaatimuksia tuovat puun suuri kosteus eläminen, palavuus, lahoamisalttius, sekä ominaisuuksien erilaisuus pituus- ja poikkisuunnassa.[1.]

### 4.2 Sahanpuru

Suomessa sahanpurua on tiettävästi käytetty yläpohjan lämmöneristeenä niin kauan kuin sitä synnyttävää sahateollisuutta on ollut. Sitä voi hyvin pitää perinteisempänä eristeaineena maassamme. Sahanpuruhan syntyy puuteollisuuden jäteaineena. Puutäyte yleistyi kuitenkin vasta rankarakenteisen lautatalon myötä. Sahanpurun kulta-aikaa oli pientaloissa 1930-luvulta aina 1950-luvun alkupuoleen asti, jolloin mineraalivilla tuli ja syrjäytti sen lämmöneristeenä. Sahanpurun hyviä puolia ovat hengittävyys, kosteuden sitomiskyky ja ekologisuus. Huonoina puolina voidaan pitää palavuutta, vesi vuodon sattuessa lahoavuutta, sekä painuvuutta ja sen vaatimatonta lämmöneristyskykyä. Seinän lämmöneristeenä toimivan sahanpurun sekaan voidaan laittaa esimerkiksi kutterinlastuja painumista vähentämään sekä turvepehkuu. Kaikkien materiaalien tulee olla ehdottoman kuivia. Rakenteiden tulisi olla sellaisia, että sahanpurua voidaan helposti lisätä sen painuttua. Sahanpurun sekaan suositeltiin lisättäväksi lasinsiruja, katajan neulasia ja kalkkia hiirten ja syöpäläisten estämiseksi.[3.]

### 4.3 Puukuituvilla

Puukuituvillan yleisesti käytetty nimitys on selluvilla. Se on valmistettu joko selluloosasta, paperista tai puukuidusta. Tuotanto alkoi Yhdysvalloissa jo 1919. Euroopan ensimmäinen selluvilla tehdas avattiin Skotlantiin 1975. Suomen ensimmäinen tehdas avattiin Siilinjärvelle kolme vuotta myöhemmin. Aluksi selluvillaa käytettiin ainoastaan puhallettavana yläpohjien tai lokeroseinien eristeenä. Suomessa alettiin 1980-luvulla ruiskuttaa puukuituvillaa. Ruiskulla levitetty puukuituvilla muodostaa rakenteisiin liimautuvan eristekerroksen avoimille pystypinnoille tai vaikka akustiikkakerroksen kattoon. Kosteana puhallettu villa jää huokoisemmaksi ja eristää siten paremmin kuin kuivana sullottu. Ruiskutuksessa ei tapahdu puuvillan painumista, kuten sitä sullottaessa tapahtuu.

Puukuituvillan raaka-aineena käytettävään sanomalehtien keräyspaperia johon lisätään booria eristeen palonsietokyvyn parantamiseksi, samalla boori toimii hyvänä homeen ja hyönteistentorjuna. Puukuituvillan hyvinä puolina voidaan pitää, että se on hengittävä ja kosteutta sitova materiaali, joten sitä voidaan käyttää myös rakenteissa, joissa ei käytetä muovista höyrynsulkua. Puukuituvilla on erinomainen lisäeriste sahajauholla eristettyihin rakenteisiin, koska se on puupohjainen ja täten samanlainen ominaisuuksiltaan. Puukuituvilla on myös ekologinen rakennusmateriaali.[3.]

### 4.4 Mineraalivilla

Yleisimmin käytetty lämmöneriste on mineraalivilla. Nimityksellä tarkoitetaan sulasta kivi- tai lasiaineesta valmistettuja kuituja, joita ovat kivivilla ja lasivilla. Kivivillat voidaan jakaa raaka-aineensa mukaan teollisuusjätteistä tehtyihin kuonavilloihin ja luonnonkivistä valmistettuihin varsinaisiin kivivilloihin. Ensimmäinen mineraalivillatehdas perustettiin 1869 Yhdysvaltoihin. Euroopan ensimmäinen tehdas aloitti toimintansa 1885 Englannissa. Suomessa oltiin tuontivillan varassa aina vuoden 1940 alkuun asti jolloin valmistuksen aloitti Vuoksenniska OY, Tuote myytiin Vuorivanun nimellä säkkitavarana ja paperikerrosten väliin ommeltuna mattona. Irtonaisen tai paperikerrosten väliin ommellun villan käyttö oli hankalaa, joten 1950 vuorivanua alettiin puristaa bitumiliuoksen avulla levyksi.

Nykyaikaisen muovisideaineisen mineraalivillan valmistus alkoi Suomessa Lappeenrannassa 1952. Lasivillan valmistuksen aloitti Karhulan lasitehdas 1941. Karhuntaljan myyntinimellä tunnetuksi tullut hartsilla sidottu lasivillamatto tuli markkinoille 1955. Mineraalivilla syrjäytti sahanpurun lämmöneristeenä, 1960-luvulla mineraalivilla oli oikeastaan ainoa käytetty eriste. Irtonaisena puhallettavaa kivivilla eristettä alettiin käyttää Suomessa 1978 ja lasivillaa 1985. Puhallusvilla on pääasiassa muiden villatuotteiden valmistuksessa syntyvää jätettä. Mineraalivillan hyvinä puolina voidaan pitää palo-ominaisuuksia ja lämmöneristyskykyä, sekä levymäisten tuotteiden kimmoisuutta. Huonoja puolia ovat kosteuden sitomattomuus, lahottajasienien kasvun vahdittajana toimivan liukoisen kalkin sisältäminen. Sekä höyrynsulussa olevien reikien tai rakennevirheiden takia vesihöyryn mahdollinen tiivistyminen villaan aiheuttaa eristyskyvyn menetyksen ja mahdollisen home- ja lahoaurion. Mineraalivilla vaatii aina muovisen höyrynsulun, minkä tulisi olla niin tiivis kuin mahdollista. [3.]

#### 4.5 Puukuitulevyt

Puukuitulevyn valmistus alkoi 1917 Yhdysvalloissa. Euroopan ensimmäinen tehdas perustettiin Suomen Karhulaan, vuonna 1930. 1950-luvulla useat suomalaisyritykset rupesivat valmistamaan puukuitulevyjä eri tuotenimillä. Yleisimmin tunnetuimmiksi yleisnimiksi tulivat insuliitti ja haltex. Huokoista kuitulevyä käytettiin 1930-luvulta lähtien puurakennusten sisäseinien materiaalina. Sillä aikaansaatiin haluttu pinta ja samalla seinän pintalämpötila nousi ja eristävyyskin parani. Nykyisin Suomen ainut puukuitulevy tuotetaan Leijona-levy tuotenimellä ja valmistajana toimii Suomen Kuitulevy OY. Puukuitulevy valmistukseen käytetään haketettua puuta, joka hierretään kivihiertimellä paineen ja kuumuuden avulla kuiduiksi. Tuulensuojana käytettäviin levyihin on lisätty hartsia ja vahaa säänkestävyyden parantamiseksi. Levyt toimivat tuulensuojana ja rungon jäykisteenä että lisälämmöneristeenä. Levyt kuuluvat päästöluokkaan M1 joten niitä voi käyttää myös sisällä. Tuotteet: Tuulileijona 12 mm lamda-arvo 0,052. runkoleijona 25 mm lamda-arvo 0,052. Runkoleijona soveltuu hyvin esimerkiksi julkisivukorjauksen yhteydessä käytettäväksi lisälämmöneristeeksi niin sahajauholla kuin mineraalivillalla eritettyihin rakennuksiin.[4.]

#### 4.6 Lastulevyt

Lastulevy tuli Suomeen Euroopasta toisen maailmansodan jälkeen. Suomen ensimmäinen tehdas aloitti toimintansa 1956. Lastulevyn valmistukseen käytetään lastutettua puuta, joka saadaan pääasiassa muun puun jalostuksen sivutuotteena. Lastujen väliin lisätään liimaa ja tästä puristamalla saadaan aikaan levyä. Rakentamisessa lastulevyn kulta-aika osui 1970-luvulle, jolloin sitä käytettiin yleisesti sisä-pinnoituslevynä. 1980-luvulla kipsilevy syrjäytti vähitellen lastulevyn rakentamisessa. Nykyisin sitä käytetään eniten kaluste- ja huonekaluteollisuudessa.[3.]

#### 4.7 Kipsilevyt

Kipsilevy on keksitty 1800-luvun lopussa Amerikassa. Suomeen levy tuli 1949 kun sitä alettiin valmistaa Suomessa Kipsoniitti-tuotenimellä. Sen kestävyys ei ollut nykyisten Gyproc-levyjen tasolla eikä se saavuttanut rakentajien suosiota. 1971 perustettiin Gyproc OY, joka aloitti toimintansa Kirkkonummella. 1990-luvulla myös Knauf alkoi valmistaa kipsikartonkilevyjä Suomessa. Aluksi tuotevalikoimaan kuuluivat vain sisäkattoihin ja sisäseiniin käyvät levyt. Nykyisin tuotteisiin kuuluvat myös lattioihin, välipohjiin ja tuulensuojaksi soveltuvat levyt. Kipsilevy valtasi markkinat sisälevynä 1980-luvulla ja syrjäytti lastulevyn melkein kokonaan. Kipsilevy on valmistettu kipsistä, jota kiertää kartonkikerros. Se toimii samalla rungon jäykisteenä, muttei lisälämmöneristeenä. Sillä on hyvät palotekniset ominaisuudet. Nykyään se on käytetyin sisäverhouslevy ja tuulensuojanakin yleinen. [5.]

#### 4.8 Paperi ja pahvi

Paperi ja pahvi ovat olleet aina hyvin käytettyjä puurakennusten tiivistysaineita. Niitä on käytetty niin rakennuksen sisä- kuin ulkopuolella. Ulkopuolella ne toimivat tuulensuojana ja sisällä tiivisteenä siten, että rakenne ei menettänyt hengittävyyyttään. Sisäpuolelle saatiin samalla seinäpinnoitus. 1800-luvun alussa alettiin seiniä pingoittaa sileiksi pinkopaperilla. Suomessa Pinkopaperin valmistus alkoi 1870-luvulla. Ohutta pinkopaperia käytettiin katoissa ja seinissä paksumpaa pinkopahvia. Pingoituksella tavoiteltiin myös parempaa tiiviyyttä sekä sisäpintaa. 1930-luvulla tulleet huokoiset kuitulevyt eivät enää tarvinneet pintaansa pingoitusta joten sen käyttö väheni. Lastulevyn läpimurto 1960-luvulla lopetti pinkopaperin valmistuksen. Pinkopahvia on saatavissa edelleen.[3.]

#### 4.8.1 Bitumivuorauspaperi

Bitumivuorauspaperi eli kansanomaisella nimellä tervapaperi on tehty kyllästämällä ainoastaan paperin kuituaines. Näin on saatu rakenne, joka on tuulen pitävä ja vettä imemätön sekä vesihöyryntiivis, mutta kuitenkin läpäisee ilmaa. Voidaan käyttää höyrynsulkuna sekä tuulensuojana. Käyttö on nykyisin vähäistä, mutta se oli aikoinaan erittäin käytetty materiaali sekä höyrynsulkuna että tuulensuojana.[5.]

### 4.9 Muovikeltu

Mikäli rakenne halutaan tehdä höyryntiiviiksi, käytetään sisäpuolisia muovisia tiivistysmateriaaleja. Valittavana on höyrynsulkumuovit tai muovitetut paperit. Kun mineraalivilloja oli käytetty eristeenä kymmenkunta vuotta, ilmeni että rakenteet voivat kostua ja lahota. Tämän vuoksi alettiin vaatia rakenteen sisäpintaan asennettavaksi tiivistä höyrynsulkua. Suomessa valmistettu Arvo-muovitiivistepaperi tuli markkinoille 1961. Siinä ohut polyeteenikalvo on yhdistettynä krepattuun voimapaperiin. Muovikeltua alettiin käyttää höyrynsulkuna Pohjoismaissa 1950-luvun lopussa, mutta tavalliseksi se tuli vasta 1970-luvulla. Kelmut valmistettiin polyeteenistä.

Rakennuksilla muoveja totuttiin käyttämään suojapeitteinä ja pakkauskäreinä ja samaa kirkasta keltua pantiin sitten seiniinkin höyrynsuluksi. 1980-luvulla tuli ilmi, ettei tavallinen rakennusmuovi kestänytkaan höyrynsulkuna, vaan se haurastui ja halkeili menettäen näin ominaisuutensa höyrynsulkuna. Ruotsin valtion tutkimuslaitoksen mukaan lähes kaikissa 1970-luvun pientaloissa on itsekseen tuhoutuva muovikeltu. Suomessa useissa 1980-luvunkin pientaloissa on vielä sama ongelma. Tavallisen rakennusmuovin osoittaututtua näin heikoksi laadittiin Pohjoismaissa uudet normit. Nykyään höyrynsuluksi kelpaa vain matalatiheinen polyeteeni LDPE. Höyrynsulkumuovin erottaa tavallisesta muovista siitä, että se on värjätty sinertäväksi. Nykyaikainen höyrynsulkumuovi on erittäin tiivis.[3.]

### 4.10 Solupolystyreeni

Solupolystyreeni (EPS) eli kansanimeltään styrox on nykyisin käytetyin lämmöneriste maata vasten olevissa rakenteissa. Sitä käytetään myös seinissä, katoissa, putkien eristeenä sekä betonimuotteina. Valmistetaan siitä



jopa taloja. Styroksin yleistyminen johti rossipohjaisten lattioiden vähenemiseen ja maanvaraisten teräsbetonilaattojen määrän lisääntymiseen.[5.]

## **5 TONTIN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN**

### **5.1 Tonteilla on erilaiset ilmastot**

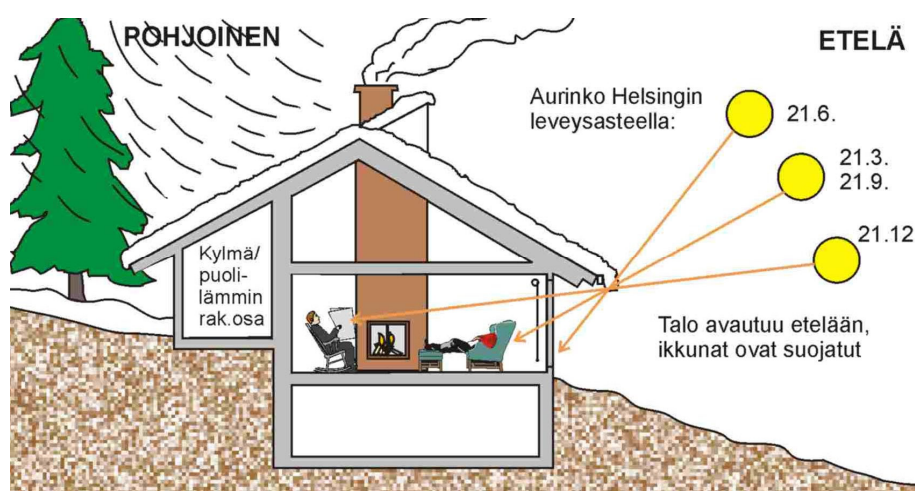
Samallakin paikkakunnalla tonttien lämpötilat ja tuuliolosuhteet vaihtelevat paljon. Jopa samalla tontilla saattavat lämpötilat ja tuuliolot vaihdella paljon. Olosuhteiden vaihtelu vaikuttaa oleellisesti talon energiankulutukseen ja asumismukavuuteen. Tontin sijainti ja rakennuksen suunta vaikuttavat talon lämmönkulutukseen noin kolmanneksen. Lämpimään, aurinkoiseen ja tyyneen paikkaan sijoitettu, etelään avautuva talo säästää lämmitysenergiaa. Kun luonnon valoa on enemmän, säästyy myös valaistuksesta energiaa ja asumismukavuus paranee.[6.]

### **5.2 Rakennuspaikka**

Paras rakennuspaikka on etelärinne, etenkin rinteiden yläosa. Vielä parempaa on se, jos kasvillisuus suojaa pohjoistuulilta talon takaa ja etelätuulilta hiekan kauempana edestä. Rinteessä voi varmistaa riittävän auringonsäteilyn saannin, vaikka taloja olisi tiheämmässä. Asuntoalueita ja asuntoja ei saisi sijoittaa pohjoisrinteille varjoisuuden ja kylmyyden vuoksi. Pohjoisrinteeseen rakennettu talo kuluttaa energiaa noin kymmenen prosenttia enemmän kuin vastaava talo etelärinteessä. Notkopaikkoihinkaan ei tulisi rakentaa ollenkaan, koska kylmä ilma raskaampana valuu rinteitä alas. Notkopaikassa lämpötila voi olla jopa 10 °C rinteitä alhaisempi. Myöskään aukeille tai mäkiin laelle ei tulisi rakentaa. Aukeilla alueilla voi olla aurinkoista, mutta tuulen suuri nopeus nostaa energian kulutusta ja vähentää ulkotilojen käyttöarvoa. Talon ympärillä olisi hyvä olla metsä tai istutettu puuvyöhyke, joka toimii tuulensuojana.

Haja-asutusalueella voi tontin ja talon sijainnin valita helpommin kuin taajamassa, jossa tontin ympärillä on katuja, rakennuksia ja puistoja, joihin uudisrakennus pitää sopeuttaa. Monessa tapauksessa taloa ei voida sijoittaa il-

mastollisesti parhaalle paikalle. Uusilla alueilla talon paikat on yleensä määrätty kaavoituksessa eikä niissä ole paljon pelivaraa. Kaavoitetut alueet ovat yleensä niin suuria että joudutaan etsimään yhtenäinen maa-alue läheltä kaupunkia tai kylää, joka on käytännössä peltoa tai (mänty)metsää. Tontit ovat keskenään varsin samanlaisia, vain niiden suunta vaihtelee. Nykypäivänä alueen sijainti ja tonttimaan puute on johtanut siihen, että taloja rakennetaan myös huonoille rakennuspaikoille, johon ennen ei olisi ollenkaan rakennettu. Kaavoituilla alueilla kaavan laatija määrää, kuinka hyvin talot saadaan sijoitettua ilmastollisesti parhaalla mahdollisella tavalla. [6.]



Kuva 2 Ihanteellinen rakennuspaikka.[9.]

## 6 TALON SUUNNITTELU

Talon suunnittelulla ja tilojen sijoittelulla on suuri merkitys talon energiankulutukseen. Rakennuksen koko vaikuttaa huomattavasti lämmitysenergian tarpeeseen, joten hyvin suunniteltu ja käytännöllinen talo säästää energiaa. Energiatohokas talo tulisi suunnitella niin, että tulisija sijaitsisi mahdollisimman keskellä asuntoa.[6.]

## 6.1 Talon muoto ja lämpötalous

Lämmitysenergiaa tarvitaan vähemmän, mitä kauemmin sisällä talossa saa lämmön pysymään. Tähän vaikuttavat eniten talon eristeet, rakenteet ja ilmanvaihto. Ihan merkityksetöntä ei kuitenkaan ole se, miten paljon talossa on ulkovaippaa. Mitä suurempi vaipan pinta-ala sitä enemmän lämpöenergiaa huokuu vaipan läpi. Pohjoisessa ilmanalassa sisään tuleva lämpösäteily ja häviöt huomioonottaen on laskettu, että häviöiden kannalta edullisin talon pituus olisi puolitoista kertaa leveys. Kerrosten määrällä on silläkin vaikutusta lämmönkulutukseen, koska kerrosluvun lisäys vähentää suhteessa ulkovaipan määrää. Tällöin talon lämmönkulutus pienenee.

## 6.2 Lämpövyöhykkeet

Talon lämmitystarvetta voi selvästi pienentää, jos ryhmittää tilan käyttötarkoituksen tai vuodenajan mukaan erilaisiin lämpövyöhykkeisiin. Tällöin talon eri osissa vallitsee eri lämpötila ajan ja käyttötarkoituksen mukaan. Nykyisin käytettävissä olevalla automaatioteknologialla tällainen talo pystytään toteuttamaan niin, ettei asukkaan tarvitse kuin ohjelmoida haluamansa lämpötilat ja ajat.

## 6.3 Auringosta energiaa

Talon huonetilat kannattaa sijoittaa siten, että ilmaisesta aurinkoenergiasta saa mahdollisimman suuren hyödyn. Aurinkoenergiaa saa sitä enemmän, mitä suuremmat ikkunat talon auringon puolelle laittaa. Eniten lämpöä ja valoa tarvitsevat tilat, esimerkiksi oleskelutilat, kannattaa laittaa talon tähän osaan. Makuuhuoneet, vessat ja tilat, joissa on vähän ikkunoita voivat olla varjon puolella. Energiatalouden kannalta olisi hyväksi, jos pientalon ikkunapinta-alasta jopa 60-80 prosenttia sijaitisi eteläseinällä. Tällöin kyllä pitää huolehtia kesäaikaisesta varjostuksesta esimerkiksi köynnöksillä tai ulkopuolisilla kaihtimilla. Muuten asumisesta tulee helteellä tukalaa tai energiaa joudutaan kuluttamaan ilmastointiin. Realistinen tavoite voisi olla, että 50 prosenttia kaikesta ikkunapinnasta suuntautuisi etelään, 20 prosenttia länteen, 20 itään ja 10 prosenttia pohjoiseen. Tällöin auringon säteilyllä voi lämpölas-kua alentaa 10-20 prosentilla. Pienen puoleinen, esimerkiksi 15 asteen, poikkeaminen rakennuksen etelään suuntaamisesta ei käytännössä vaikuta energian saantiin.

### 6.3.1 Lämpöä varastoon

Talon sisälle säteilevä aurinkoenergia lämmittää huoneilmaa ja niitä rakenteita, joihin auringonpaiste osuu. Auringon lämmittämä huoneilma tulisi saada kiertämään koko asuntoon, apuna voi käyttää puhallinta. Tehokkaammin kuin ilmaan auringon lämpö varastoituu raskaisiin massoihin, kuten lattioihin ja seiniin, joihin säteily osuu. Jos massojen varastointikyky on tarpeeksi suuri ne pystyvät varaamaan päivällä niin paljon energiaa, että sitä riittää yöksi. Tällöin rakennusmassat toimivat passiivisena aurinkokeräimenä.[6.]

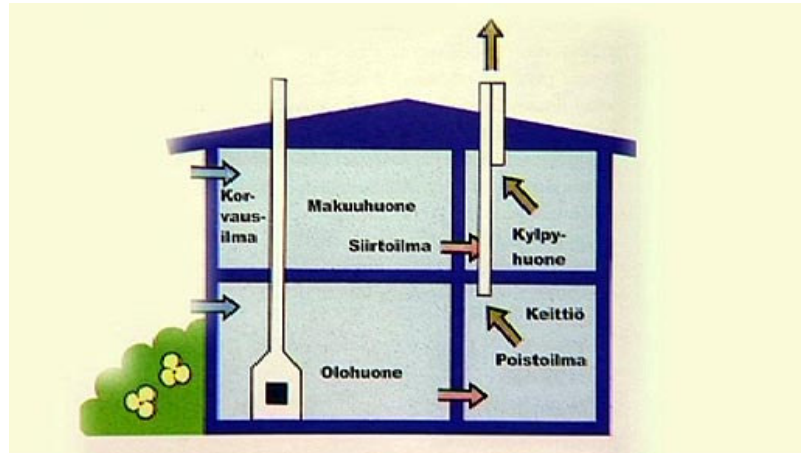
## 7 ILMANVAIHTO

Ilman laatu on terveyskysymys ja sillä on suuri vaikutus asumismukavuuteen. Varsinkin nykyaikaisessa tiiviissä talossa sen merkitys korostuu. Nykypäivän asunnossa tulee ilman vaihtua kerran kahdessa tunnissa, joten vaihdettava ilmamäärä on suuri. Näin suuren ilmamäärän vaihtaminen aiheuttaa noin 1/3 koko asunnon lämpöenergian kulutuksesta. [6.]

### 7.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto toimii sisä- ja ulkolämpötilan aiheuttamalla paine-erolla. Tuulisella säällä sekä ilman lämpötilaeron ollessa pieni sen toiminta voi muuttua oleellisesti. Koska korvausilma tulee suoraan ulkoa, on sen lämpötila sama kuin ulkoilman. Sen mukana tulevat myös pöly ja melu. Vanhoissa taloissa ilman vaihtoon ei kiinnitetty suurta huomiota, rakenteet olivat hatarammat, joten ilmanvaihto tapahtui ikkunoista tuulettamalla ja seinien että ikkunoiden läpi virtaamalla sekä mahdollisesti muutamasta korvausilmaventtiilistä. Lämmittäessä puu-uunilla palaminen imi tehokkaasti ilmaa huoneistosta, lisäksi oli poistoilmakanavia, joita myöten ilma poistui painovoimaisesti. Asunnoissa käytettiin vettä sisällä huomattavasti vähemmän joten kosteusrasitus oli paljon pienempi kuin nykyään eikä tehokkaampaa ilmanvaihtoa tarvittu. Painovoimaisella ilmanvaihdolla on vaikeaa täyttää nykyaikaiset ilmanvaihtomääräykset ilmamäärien osalta. Lisäksi se on surkea energiatehokkuudeltaan, koska kaikki ulos johdetussa ilmassa oleva lämpö menee hukkaan. Tämän päivän määräysten mukaan tulisi poistoilmasta

saada 45 prosenttia energiaa talteen, joten tältäköön osin painovoimainen ilmanvaihto ei täytä vaatimuksia. Se oli yleisin pientaloissa käytössä olevista ilmanvaihtojärjestelmistä aina 1980-luvulle asti, jolloin koneellinen poistoilmanvaihto syrjäytti sen.[6.]



Kuva 3 Painovoimainen ilmanvaihto.[10.]

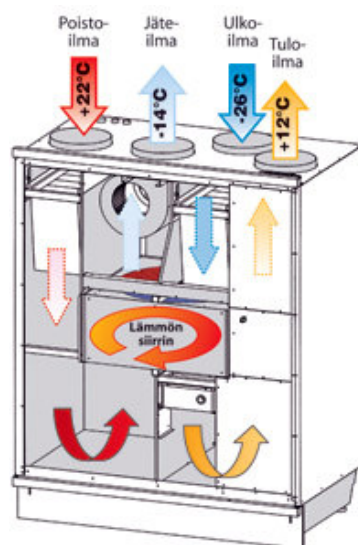
## 7.2 Koneellinen poisto

Koneellinen poisto toimii samalla periaatteella kuin painovoimainen ilmanvaihto; ilman kulkua tehostetaan koneella ja näin saavutetaan kaikissa olosuhteissa haluttu poistuvan ilman määrä. Koska poistettava ilma poistetaan koneella, ilmanvaihtokanavistosta voidaan tehdä pienempi kuin painovoimaisessa. Poistoilmamoottorina voi toimia liesituuletin tai katolle asennettava huippuimuri. Ilmaa poistetaan niin sanotuista likaisista tiloista. Korvausilma tuodaan asuintiloihin korvausilmaventtiileistä. Venttiileissä on suodattimet ja äänenvaimentimet pölyn ja melun torjumiseksi. Korvausilma on ulkoilmaa, joten talviseen aikaan se aiheuttaa vedon tunnetta ja asukkaat saattavat sulkea korvausilmaventtiilit, jolloin ilmanvaihto menettää toimintakykynsä ja huoneistosta tulee aivan liian alipaineinen. Myös koneellisessa poistossa kaikki poistettavassa ilmassa oleva lämpö menee hukkaan ja tämän takia se ei täytä nykyaikaisia määräyksiä. Se oli käytössä pientaloissa 1970-luvulta aina 2000-luvulle asti.[6.]

### 7.3 Koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla

Koneellisessa ilman vaihdossa ilma imetään taloon sisään ilman vaihtokoneessa olevalla puhaltimella ja esilämmitetään joko levymäisellä tai pyörivällä lämmönsiirtimellä. Tämän jälkeen ilma jaetaan putkistoa pitkin asuintiloihin säädettävien venttiilien kautta. Poistettava ilma kerätään putkiston kautta kaikista likaisista tiloista lämmönvaihtimelle, jossa siitä otetaan talteen energiaa, jolla lämmitetään sisään tuleva puhdas ilma. Talteenoton jälkeen ilma puhalletaan talosta ulos. Lämmön talteenoton hyötysuhde vaihtelee 40-90 prosentin välillä käytetystä laitteesta riippuen.

Laitteistoon on mahdollista asentaa jälkilämmitin, joka huolehtii että huoneistoon tuleva ilma on halutun lämpöistä. Koneellisessa ilmanvaihdossa saadaan aikaan haluttu alipaine koko ajan, koska sekä poisto että tulo on hoidettu koneellisesti. Lisäksi tuleva ilma on lämmitettyä eikä näin aiheuta vedon tunnetta. Laitteistossa on suodattimet, jotka suodattavat ilmaa joten pölyä tulee huomattavasti vähemmän. Lämmön talteenoton avulla saadaan energiaa talteen eikä tämän päivän määräyksillä muunlaista ilmanvaihtojärjestelmää oikein voikaan toteuttaa. Pientaloihin soveltuvat laitteet tulivat markkinoille 1970-luvun loppupuolella, mutta yleistyivät vasta 1990 luvulla. Lopullisesti ne valtasivat markkinat 2000-luvulla. Tänä päivänä lähes kaikki uudet talot varustetaan lämmöntalteenotolla ja koneellisella ilmanvaihdolla, koska se täyttää uudet määräykset ja ottaa vaadittavat 45 prosenttia poistoilman energiasta talteen.[6.]



Kuva 4 Koneellinen ilmanvaihtolaite lämmöntalteenotolla.[11.]

## 8 RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMAT C3

Tässä on esitetty kaikki Suomen rakentamismääräyskokoelmien antamat rakenteiden k- ja U-arvot, sekä olennaiset muutokset niiden käyttämiseksi. Ainoastaan ensimmäinen kokoelma on kokonaisuudessaan. Kaikki rakentamiskokoelmat ovat saatavana ainakin Rakennustieto OY:stä.

### 8.1 Rakentamismääräyskokoelma C3 1975

Nämä määräykset kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Nämä määräykset tulivat voimaan 1. päivänä heinäkuuta 1976. Tämä on Suomen ensimmäinen rakennusmääräyskokoelma lämmöneristyksestä, se on esitetty kokonaisuudessaan.

#### 8.1.1 Yleistä

Kylmänä vuodenaikaan jatkuvaan käyttöön tarkoitettua lämmitettävää tilaa rajoittavien ulkoilmaa tai kylmää tilaa vasten olevien rakennusosien tulee olla lämpötekniillisiltä ominaisuuksiltaan kuten eristävyydeltään ja tiiviydeltään, että tässä tilassa voidaan saavuttaa sen käyttötarkoituksen vaatimat lämpöolosuhteet eikä haitallista kosteuden tiivistimistä pintoihin tapahdu.

E erityisen lämmintä tilaa sekä jäähdytettyä tilaa rajoittavien rakennusosien on oltava lämpötekniillisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, ettei viereisissä huoneiloissa, eikä rakenteissa synny haittoja.

Asuinhuoneiseen verrattavalla tilalla tarkoitetaan näissä määräyksissä tilaa, jonka käyttö edellyttää terveellisuuden ja oleskelumukavuuden kannalta asumiseen verrattavia olosuhteita. Tällainen tila on muun muassa majoitus huone, sairaalan potilashuone, päivähoitolaitos sekä pitkäaikaiseen istumatyöhön sekä siihen verrattavaan toimintaan tarkoitettu tila kuten luokkahuone ja toimisto.

Lämmönläpäisykerroin  $k$  ilmoittaa lämpömäärän, joka jatkuvuustilassa läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eripuolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/m^{20}C$ .

### 8.1.2 Lämmönläpäisykertoimet, asuinhuoneisto ja asuinhuoneeseen verrattava tila

Taulukko 1. Seinä ulkoilmaa tai lämmittämätöntä ilmaa vasten

	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> oC
yksinomaan muurauskivistä tehty seinä	0,90
muu seinä, jonka massa > 100 kg/m <sup>2</sup>	0.70
seinä, jonka massa < 100 kg/m <sup>2</sup>	0,40

Taulukko 2 Seinä osittain lämmitettyä tilaa vasten

	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> oC
asuinhuoneen ja sellaisen tilan välinen seinä, jossa lämpötila on +2°... +10°C	1,6

Taulukko 3. Yläpohja ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten

	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> oC
yläpohja	0,35



Taulukko 4. Väli- ja alapohja

	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> °C
osittain lämmitettyä tilaa vasten <sup>1)</sup>	0,60
lämmittämätöntä tilaa vasten <sup>2)</sup>	0,40
lämmittämätön, maanvarainen <sup>3)</sup>	0,40
ulkoilmaa vasten	0,35

<sup>1)</sup> Osittain lämmitetyksi tilaksi katsotaan normaalisti rakennettu kellaritila, jossa sijaitsevat keskuslämmitysputkistot sekä alustatila, joka saa jossain määrin lämpöä esim. lämpöjohdoista, jonka tuuletusaukkojen yhteinen pinta-ala on enintään 10 cm<sup>2</sup>/alapohja-m<sup>2</sup>.

<sup>2)</sup> Lämmittämättömäksi tilaksi katsotaan kylmä kellaritila sekä lämmittämätön alustatila, jonka tuuletusaukkojen yhteinen pinta-ala on enintään 20 cm<sup>2</sup>/alapohja-m<sup>2</sup>.

<sup>3)</sup> Arvo koskee alapohjan 6 metrin levyistä reuna-aluetta. Lämmön vastusta laskettaessa saa maapohjan lämmön vastuksen ottaa huomioon yli 6 metrin etäisyydellä lähimmästä ulkoseinästä oleva maanvarainen alapohja saa olla eristämätön.

Ulkoseinän sekä ylä-, väli- ja alapohjan pienehkön osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin yllä olevissa taulukoissa on esitetty, mikäli tämä on tarpeellista lujuus- tai muista erityisistä syistä.

### 8.1.3 Lämmönläpäisykertoimet ikkuna ja ovi

Taulukko 5. Ikkunan ja oven lasipinnan lämmönläpäisykertoimen  $k$  enimmäisarvot

ikkunapinta / seinäpinta <sup>1)</sup>	$k$ W/m <sup>2</sup> °C
> 0,6	3,1
< 0,6	2,1

<sup>1)</sup> Lasketaan erikseen jokaiselle huoneen ulkoseinälle. Ikkunapinta tarkoittaa ikkunan karmin ja oven ikkunaosan ulkoreunan rajoittamaa pintaa ja seinäpinta ulkoseinän sisäpintaa. Viimeksi mainittuun lasketaan siis mukaan ikkunoiden ja ovien pinta-alat sekä komeroitten peittämien ulkoseinäosien pinta-alat.

Ikkunan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin taulukossa 5 on esitetty, jos kylmän lasipinnan aiheuttamat haitat estetään.

Ikkunan ja oven liittymisen ympäröiviin rakenteisiin tulee olla sellainen, ettei haitallista vetoisuutta esiinny. Karmin tiivistämiseen käytettävien tarvikkeiden tulee olla sellaisia, että ne kestävät käytössä esiintyvät rasitukset oleellisesti vaurioitumatta.

### 8.1.4 Työhuone

Pitkäaikaiseen istumatyöhön tarkoitettussa työhuoneessa ovat sitä rajoittavien ulkoseinien, ylä-, väli-, ja alapohjan sekä ikkunoiden lämmönläpäisykertoimen enimmäisarvot samat kuin asuinhuoneessa.

Muussa työhuoneessa määräytyvät lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot toiminnan laadun ja muiden olosuhteiden perusteella. Kevyeen ruumiilliseen ja lyhytaikaiseen istumatyöhön tarkoitettussa työhuoneessa katsotaan yleensä 50% suurempi lämmönläpäisykertoimen enimmäisarvo kuin asuinhuoneessa riittäväksi.

### 8.1.5 Ohjeita energian säästämiseksi lämmöneristystä parantamalla

Lämmitysenergian säästämiseksi on suunnittelussa kiinnitettävä muiden tekijöiden ohella huomiota lämmitettyä tilaa rajoittavien pintojen (vaipan) kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden vähentämiseen. Rakennuksen vaipan ja kerrosalan suhdetta voidaan pienentää valitsemalla rakennukselle edullinen muoto. Suuren lämmönläpäisykertoimien omaavien rakennusosien (ikkunoiden ja ovien lasipintojen) kokoa voidaan rajoittaa ja vaipan keskimääräistä lämmönläpäisykerrointa voidaan muutoinkin pienentää lisäämällä eristyspaksuuksia tai käyttämällä tehokkaampia lämmöneristeitä.

Vaipan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin olisi pyrittävä saamaan vähintään 40 % pienemmäksi kuin mitä se olisi terveydellisten seikkojen ja asumismukavuuden kannalta esitettyjen vähimmäisvaatimusten perusteella. Keskimääräisellä lämmönläpäisykertoimella tarkoitetaan tässä arvoa, joka saadaan laskemalla yhteen vastaavilla lämmönläpäisykertoimilla kerrotut vaipan osapintojen alat sekä jakamalla näin saatu arvo vaipan alalla.

## 8.2 Rakennusmääräyskokoelma C3 1978

Nämä määräykset kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Nämä määräykset tulivat voimaan 1. päivänä heinäkuuta 1979. Ikkunapinta-alan osalta määräykset tulivat kuitenkin voimaan 31. päivänä joulukuuta 1979. Tällä päätöksellä kumottiin 12. päivänä marraskuuta 1975 annetut määräykset lämmöneristyksestä (C3). Tässä on esitetty olennaiset muutokset edelliseen kokoelmaan verrattuna:

### 8.2.1 Soveltamisalue

Nämä määräykset koskevat rakennuksia, joissa käytetään energiaa lämmitykseen tai jäähdytykseen tarkoituksen mukaisen sisälämpötilan saavuttamiseksi.

Nämä määräykset eivät kuitenkaan koske seuraavia rakennuksia:

- Tuotantorakennus, jossa tuotantoprosessi luovuttaa niin suuren määrän lämpöenergiaa, että halutun sisälämpötilan aikaansaamiseen ei tarvita lämmityskaudella ollenkaan tai tarvitaan vain vähäisessä määrin muuta

lämmitysenergiaa tai tuotantotila, jossa lämmityskauden ulkopuolella runsas lämmöneristys estäisi liikalämmön poisjohtamisen.

- Loma- ja virkistyskäyttöön tarkoitettu rakennus, lukuun ottamatta ympäri-vuotisessa käytössä olevaa majoituselinkeinoon harjoittamiseen tarkoitettua rakennusta.
- Kasvihuone tai muu vastaava rakennus, jonka käyttö tarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti näitä määräyksiä noudatettaessa.

### *8.2.2 Lämmöneristämisen yleisperiaatteet*

Lämmitettävä tilaa rajoittavien ulkoilmaa tai kylmää tilaa vasten olevien rakennusosien tulee olla lämpöteknilisiltä ominaisuuksiltaan kuten eristävyydeltään ja tiiviydeltään sellaisia, että tilassa voidaan saavuttaa käyttötarkoituksen edellyttämät lämpöolosuhteet hyvän energiatalouden vaatimusten mukaisesti eikä rakenteisiin tapahdu haitallista kosteuden tiivistymistä.

Erityisen lämmintä tilaa sekä jäähdytettyä tilaa rajoittavien rakennusosien on oltava lämpöteknilisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, ettei viereisissä huoneiloissa, eikä rakenteissa synny haittoja.

### 8.2.3 Lämmönläpäisykertoimet

Lämpimän tilan mitoittavan lämpötilan ollessa vähintään +20°C saa tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen seinän, ala- tai yläpohjan lämmöneristyskerroin  $k$  olla enintään taulukon 6 sarakkeen 1 suuruinen. Lämpimän tilan maata vastaan rajoittuvan rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään taulukon 7 sarakkeen 1 suuruinen.

Puolilämpimän tilan rajoittuessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan ei lämpökerroin saa ylittää taulukoiden 6 ja 7 sarakkeiden 2 arvoja.

Taulukko 6. Ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten oleva rakennusosa

Rakennusosa	Lämmönläpäisykerroin $k$ saa olla enintään $W/m^2\text{°C}$	
	1	2
kevyet seinärakenteet enintään $100\text{kg/m}^2$	0,29	0,6
raskaat seinärakenteet yli $100\text{ kg/m}^2$	0,35	0,6
kevyet yläpohjat enintään $100\text{ kg/m}^2$	0,23	0,6
raskaat yläpohjat enintään $100\text{ kg/m}^2$	0,29	0,6
kevyet alapohjat enintään $100\text{ kg/m}^2$	0,23	0,6
raskaat alapohjat enintään $100\text{ kg/m}^2$	0,29	0,6

Taulukko 7 Maata vastaan oleva rakennusosa

Rakennusosa	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> °C	
	1	2
alapohja	0,4	0,6
seinä	0,4	0,6

Rakennuksessa, jossa on rinnakkain tai päällekkäin lämpimiä ja puolilämpimiä tiloja, ei näitä toisistaan erottavan rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa ylittää arvoa 0,6 W/m<sup>2</sup>K.

Ulkoseinän sekä ylä-, väli- ja alapohjan pienehkön osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin tässä on esitetty, mikäli tämä on tarpeellista lujuus- tai muista erityisistä syistä.

#### 8.2.4 Lämmönläpäisykertoimet ikkuna ja ovi

Lämpimän tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen ikkunan ja oven lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään sarakkeen 1 suuruinen.

Puolilämpimän tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen tai lämpimän ja puolilämpimän tilan välisen ikkunan ja oven lämmönläpäisykerroin ei saa ylittää sarakkeen 2 arvoja.

Taulukko 8. Ikkunan ja oven lämmönläpäisykertoimen k enimmäisarvot

Ikkuna ja oven osa	k W/m <sup>2</sup> °C	
	1	2
valoaukko	2,1	3,1
oven umpiosa, tuuletusikkuna	0,7	0,7

### 8.3 Rakentamismääräyskokoelma C3 1985

Nämä määräykset kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Nämä määräykset tulivat voimaan 1. päivänä tammikuuta 1985. Tällä päätöksellä kumottiin 27. päivänä lokakuuta 1978 annetut määräykset lämmöneristyksestä (C3). Tässä määräyskokoelmassa muuttuivat k-arvot ja raskaiden rakenteiden eriarvoisuus.

#### 8.3.1 Lämmönläpäisykertoimet

Lämpimän tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen seinän, alatai yläpohjan lämmöneristyskerroin  $k$  saa olla enintään taulukon 9 sarakkeen 1 suuruinen. Lämpimän tilan maata vastaan rajoittuvan rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään taulukon 10 sarakkeen 1 suuruinen.

Puolilämpimän tilan rajoittuessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan ei lämpökerroin saa ylittää taulukoiden 1 ja 2 sarakkeiden 2 arvoja.

*Taulukko 9. Ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten oleva rakennusosa*

Rakennusosa	Lämmönläpäisykerroin $k$ saa olla enintään $W/m^2\text{°C}$	
	1	2
seinä	0,28	0,45
ylä- ja alapohja	0,22	0,45

Taulukko 10 Maata vastaan oleva rakennusosa

Rakennusosa	Lämmönläpäisykerroin k saa olla enintään W/m <sup>2</sup> C	
	1	2
alapohja	0,36	0,45
seinä	0,36	0,45

Ikkunan ja ovien lämmönläpäisykertoimet pysyivät samoina.

#### 8.4 Rakentamismääräyskokoelma C3 2002

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5. päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla rakentamisessa sovellettavaksi seuraavat määräykset rakennuksen lämmöneristyksestä. Tämä asetus tuli voimaan 1. päivänä lokakuuta 2003 ja sillä kumottiin sisäasiainministeriön 27. maaliskuuta 1983 antama päätös lämmöneristyksestä. Tässä lämmöneristysmääräyksissä on huomioitu rakennusten ilmanvaihdon kehitys. Rakennuksen vaipan ilmanpitävyyteen on tässä kokoelmassa kiinnitetty huomiota, sekä annettu mahdollisuus parantaa jäteilman lämmöntalteenottoa vaatimustasoa paremmaksi ja kompensoida sen avulla mahdollisesti muissa rakenteissa esiintyviä lämmönläpäisykertoimien ylityksiä. Lämmönläpäisy kertoimia kiristettiin edelleen. Tässä kokoelmassa k-arvo on muuttunut U-arvoksi.



#### 8.4.1 Lämmönläpäisykertoimet

Taulukko 9. Lämmin tila rajoittuen ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan.

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/mK
seinä	0,25
yläpohja	0,16
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,16
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,20
maata vasten oleva rakennusosa	0,25
ikkuna, ovi	1,4
kattoikkuna	1,5

*Taulukko 10. Puolilämmin tila rajoittuen ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan.*

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/mK
seinä	0,40
yläpohja	0,30
alapohja	0,30
maata vasten oleva rakennusosa	0,36
ikkuna, ovi	1,8

*Taulukko 11. Lämmin tila rajoittuen puolilämpimään tilaan.*

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/mK
seinä	0,45
välipohja	0,45
ikkuna, ovi	2,8

## 8.5 Rakentamismääräyskokoelma C3 2007

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5. päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla rakentamisessa sovellettavaksi seuraavat määräykset rakennuksen lämmöneristyksestä. Tämä asetus tuli voimaan 1. päivänä tammikuuta 2008 ja

sillä kumottiin sisäasiainministeriön 30. lokakuuta 2002 antama päätös lämmöneristyksestä. Tässä määräyksissä kokovuotiseen tai talvikäyttöön tarkoitettut loma-asunnot liitettiin määräysten piiriin. Tämä määräys mahdollisti, että rakennuksen vaipan vaatimustasoa suurempi lämpöhäviö voidaan kompensoida myös paremmalla rakennuksen vaipan ilmanpitävyydellä. Lämmönläpäisykertoimia kiristettiin hyvin vähän. Lämmönläpäisykertoimista alettiin puhua vertailuarvoina, koska alettiin laskea rakennuksen lämpöhäviötä. Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta on säännökset rakentamismääräyskokoelmassa D3. Tämä määräys mahdollisti, että rakennuksen vaipan vaatimustasoa suurempi lämpöhäviö voidaan kompensoida myös paremmalla rakennuksen vaipan ilmanpitävyydellä.

#### 8.5.1 Lämmönläpäisykertoimet

*Taulukko 12. Lämmin tai jäähdytettävä kylmä tila rajoittuen ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan.*

	Lämmönläpäisykerroin $U$ saa olla enintään $W/m^2K$
seinä	0,24
yläpohja	0,15
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,19
maata vasten oleva rakennusosa	0,24
ikkuna, ovi	1,4
kattoikkuna	1,5

*Taulukko 13. Puolilämmin tila rajoittuen ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan.*

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/mK
seinä	0,38
yläpohja	0,28
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,28
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,28
maata vasten oleva rakennusosa	0,34
ikkuna, ovi	1,8
kattoikkuna	1,8

## 8.6 Rakentamismääräyskokoelma C3 2009

Nykyisin voimassa olevat lämmöneristysmääräykset tulivat voimaan 1. päivänä tammikuuta 2010. Näillä määräyksillä kumottiin 19. päivänä kesäkuuta 2007 annetut määräykset rakennusten lämmöneristyksestä. Voimassa olevassa määräyksessä lämmönläpäisykertoimen vertailuarvot kiristyivät huomattavasti. Seinän U-arvon kiristyttyä huomattavasti hirsiseinälle annettiin oma helpotettu U-arvo, mikä mahdollistaa jatkossakin hirsirakentamisen jatkumisen.

### 8.6.1 Lämmönläpäisykertoimet

Taulukko 14. Lämmin tai jäähdytettävä kylmä tila rajoittuen ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan.

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/m <sup>2</sup> K
seinä	0,17
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40
yläpohja	0,09
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17
maata vasten oleva rakennusosa	0,16
ikkuna, ovi	1,0
kattoikkuna	1,0

Taulukko 15. Puolilämmin tila.

	Lämmönläpäisykerroin U saa olla enintään W/m <sup>2</sup> K
seinä	0,26
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60
yläpohja	0,14
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26
maata vasten oleva rakennusosa	0,24
ikkuna, ovi	1,4
kattoikkuna	1,4

Lisäksi muut rakennuksen energiankulutusta ohjaavat energiamääräykset on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelman osioihin seuraavasti:

- D2 Rakennuksen sisäilmanvaihto
- D3 Rakennusten energiatehokkuus
- D5 Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskenta

## 8.7 Rakennuksen vaipan lämpöhäviön tasauslaskenta

Rakennuksen lämpöhäviöiden laskenta määritellään Suomen rakentamismääräyskokoelman osiossa D3 seuraavasti: Rakennusten lämpöhäviö on vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. Lämpöhäviöiden määräysten mukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. Lämpöhäviöiden laskennassa käytetään rakennuksen koko- ja geometriatietoja ja vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonais-sisämittojen mukaan. Mikäli laskennassa ilmenee, että jonkin osatekijän lämpöhäviö on vertailulämpöhäviötä suurempi, tulee tällöin jonkin toisen osatekijän lämpöhäviötä vähennettävä vähintään vastaavalla arvolla.

## 9 TYYPILLISET RAKENTEET JA LÄMMÖNERISTÄVYYDET

Tässä esitetään aika kaudelleen yhdet tyypilliset rakenteet ja niiden lämmönläpäisykyvyt. Ennen 1. päivä heinäkuuta 1976 rakennettuja taloja eivät koskeneet lämmöneristysmääräykset, joten niissä on käytetty oman aikansa suosituksia, ohjeita ja tyyppimalleja.

### 9.1 Jälleenrakennusajan pientalo

Jälleenrakennusajan pientalot rakennettiin yleensä käyttäen tyyppipiirustuksia.

#### 9.1.1 Hirsiseinät

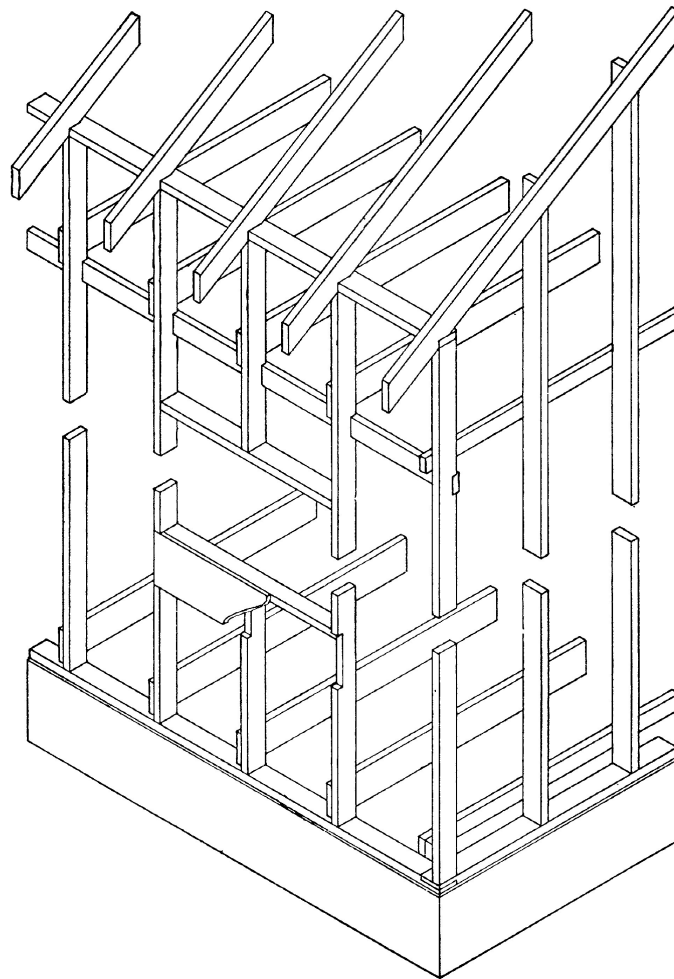
Ulkoseinät on tehty joko salvatusta tai sahatusta hirrestä. Pystyhirsiseinää käytetään harvoin. Hirren paksuus 6 tuumaa. Raot ja nurkat tilkitään.

Hirsiseinän k-arvo 0,70

### 9.1.2 Sahanpurutäytteinen lautaseinä

- Ulkovuoraus lomalaudoitus 22\*125 mm
- Vinolaudoitus 45° 22\*100 mm
- Vuoraushuopa
- Pystypiirut 100\*100 mm nurkissa ja aukkojen vieressä muualla 50\*100 mm kk 500-700 mm. täyteenä ehdottoman kuivaa kutterinpurua, sahanpurua, metsäsammalta tai turvepehkuu 100 mm. täytteeseen on hyvä sekoittaa jotain desinfioivaa ainetta esim. sammutettua kalkkia ja lasinsiruja hiirien ja rottien estämiseksi.
- Vuoraushuopa
- Vaakalaudoitus 22\*100 mm
- Pinkopahvi + tapetti

Seinän k-arvo 0,67



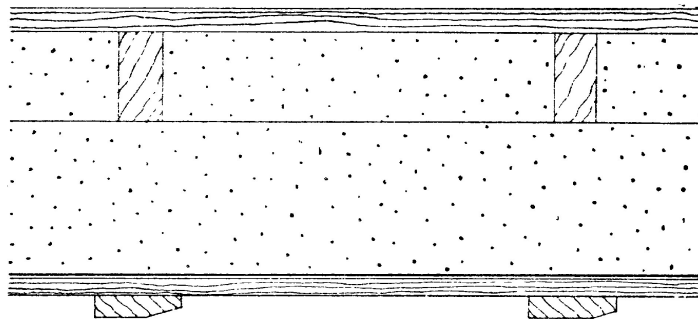
Kuva 5 Lautarakennuksen runko.[12.]



### 9.1.3 Alapohja

- Lattialaudat 32 mm
- Koolaus 50\*100 mm
- Koroke 50\*100 mm korkeus 200 mm + täyte 200 mm sahanpurun ja kutterinpurun sekoitus
- Vasa 50\*200 mm + täyte 200 mm sahanpurun ja kutterinpurun sekoitus
- Pinkopahvi
- Täytepohja lauta 20\*100 mm
- Täytepohjan kannatus laudat 20\*100 mm

Alapohjan k-arvo 0,27

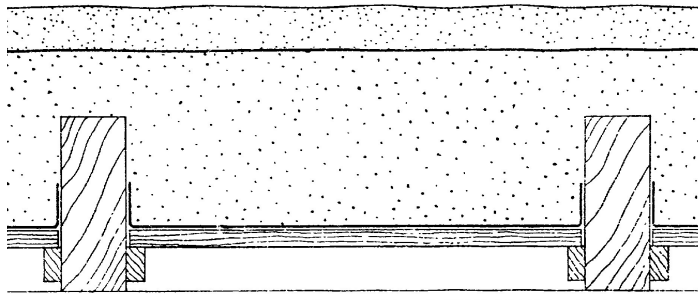


Kuva 6 Alapohja.[13.]

### 9.1.4 Yläpohja

- Raskastäyte hiekka, savi, kuona 50 mm
- Välipahvit pinkopaperi tai sanomalehtiä
- Kevyt täyte sahanpurua ja kutterinlastua 400 mm
- Kantavat palkit 50\*200 mm
- Pinkopahvi
- Sisäkatto paneeli 18 mm

Yläpohjan k-arvo 0,27



Kuva 7 Yläpohja.[14.]

## 9.2 1960-luku ja 1970-luvun alku

Tyypillistä tällä aikakaudella oleville taloille oli tasakattoisuus tai hyvin loiva kattokaltevuus. 1960-luvulla öljy oli todella halpaa, joten taloja lämmön eristettiin niukasti. Sähkölämmitteisessä talossa tuli olla lämmöneristeitä enemmän kuin öljylämmitteisessä. Tänä aikana vain harvaan taloon tuli sähkölämmitys. 1960-luvun alkupuolen taloista saattaa puuttua seinistä höyrynsulku kokonaan.

### 9.2.1 Ulkoseinä öljylämmitteisessä talossa

- Vuorauslauta 22 mm
- Ilmarako 22 mm
- Bituliitti 12 mm
- Runko 50\*100 mm + mineraalivilla 100 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Lastulevy 12 mm

Seinän k-arvo 0,39

### 9.2.2 Alapohja

- Vinyylimatto
- koolaus 50\*100 mm + mineraalivilla 100mm
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Muovikeltu
- Sorastus

Alapohjan k-arvo 0,42

### 9.2.3 Yläpohja

- Tervapaperi
- Mineraalivilla 200 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Lastulevy 12 mm

Yläpohjan k-arvo 0,21

### 9.3 Rakenteet vuonna 1976 ensimmäisten lämmöneristysmääräysten jälkeen

#### 9.3.1 Ulkoseinä

- Tiilimuuraus 85 mm
- Ilmarako 20 mm
- Bituliitti 12 mm
- Runko 50\*100 mm + mineraalivilla 100 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Lastulevy 12 mm

Seinän k-arvo 0,39

#### 9.3.2 Alapohja

- Vinyylimatto
- Betonilaatta 70 mm
- Styrox 50 mm
- Sorastus 200 mm

Alapohjan k-arvo 0,40

#### 9.3.3 Yläpohja

- Tervapaperi
- Mineraalivilla 200 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Lastulevy 12 mm

Yläpohjan k-arvo 0,22

## 9.4 Rakenteet 1979 voimaan tulleiden määräysten jälkeen

### 9.4.1 *Ulkoseinä*

- Tiilimuuraus 85 mm
- Ilmarako 20 mm
- Bituliitti 12 mm
- Runko 50\*150 mm kk 600 mm + mineraalivilla 150 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Lastulevy 12 mm

Seinän k-arvo 0,27

### 9.4.2 *Alapohja*

- Vinyylimatto
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Styrox 100 mm
- Sorastus 200 mm
- Alapohjan k-arvo 0,29

### 9.4.3 *Yläpohja*

- Tervapaperi
- Mineraalivilla 200 mm
- Muovitiivistyspaperi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Lastulevy 12 mm

Yläpohjan k-arvo 0,22

## 9.5 Rakenteet 1985 voimaan tulleiden määräysten jälkeen

### 9.5.1 Ulkoseinä

- Tiilimuuraus 85 mm
- Ilmarako 20 mm
- Bituliitti 12 mm
- Runko 50\*150 mm kk 600 + mineraalivilla 150 mm
- höyrynsulkumuovi
- Kipsilevy 13 mm

Seinän k-arvo 0,27

### 9.5.2 Alapohja

- Muovimatto
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Styrox 100 mm
- Sorastus 200 mm

Alapohjan k-arvo 0,29

### 9.5.3 Yläpohja

- Mineraalivilla 200 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Kipsilevy 13 mm

Yläpohjan k-arvo 0,22

## 9.6 Rakenteet 2003 voimaan tulleiden määräysten jälkeen

### 9.6.1 Ulkoseinä

- Muuraus 85 mm
- Ilmarako 35 mm
- Bituliitti 12 mm
- Runko 50\*175 kk 600 + mineraalivilla 125+50 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Kipsilevy 13 mm

Seinän U-arvo 0,25

### 9.6.2 Alapohja

- Parketti + alushuopa
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Irrotuspaperi
- Styrox 150 mm
- Sorastus 200 mm

Alapohjan U-arvo 0,19

### 9.6.3 Yläpohja

- Mineraalivilla 300 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Kipsilevy 13 mm

Yläpohjan U-arvo 0,15

## 9.7 Rakenteet 2008 voimaan tulleiden määräysten jälkeen

### 9.7.1 Ulkoseinä

- Tiilimuuraus 85 mm
- Ilmarako 35 mm
- Kipsilevy 9 mm
- Kantavarunko 50\*150 mm kk 600 + mineraalivilla 150 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Vaakarunko 50\*50 mm + mineraalivilla 50 mm
- Kipsilevy 13 mm

Seinän U-arvo 0,22

### 9.7.2 Alapohja

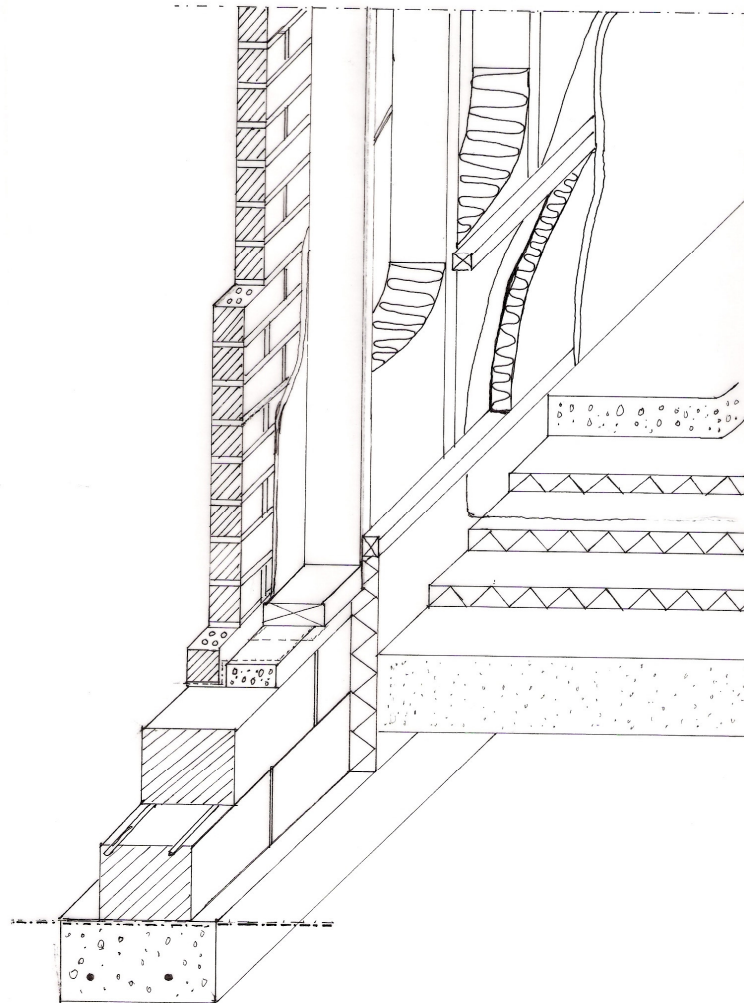
- Parketti + alushuopa
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Styrox 150 mm
- Sorastus 200 mm

Alapohjan U-arvo 0,19

### 9.7.3 Yläpohja

- Mineraalivilla 300 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Harvalaudoitus 22 mm
- Kipsilevy 13 mm

Yläpohjan U-arvo 0,15



*Kuva 8 Nykyaikainen 2008 määräykset täyttävä pientalon rakenne.*

## 9.8 Rakenteet 2010 voimaan tulleiden määräysten jälkeen

### 9.8.1 Ulkoseinä

- Tiilimuuraus 85 mm
- Ilmarako 35 mm
- Kipsilevy 13 mm
- Kantavarunko 50\*200 mm kk600 + mineraalivilla 100 + 100 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Vaakarunko 50\*50 mm kk 600 +mineraalivilla 50 mm
- Kipsilevy 13 mm

Seinän U-arvo 0,17



### 9.8.2 Alapohja

- Parketti + alushuopa
- Teräsbetoni-laatta 70 mm
- Styrox 200 mm
- Sorastus 200 mm

Alapohjan U-arvo 0,16

### 9.8.3 Yläpohja

- Mineraalivilla 500 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Harvalaudoitus 50\*50 mm
- Kipsilevy 13 mm

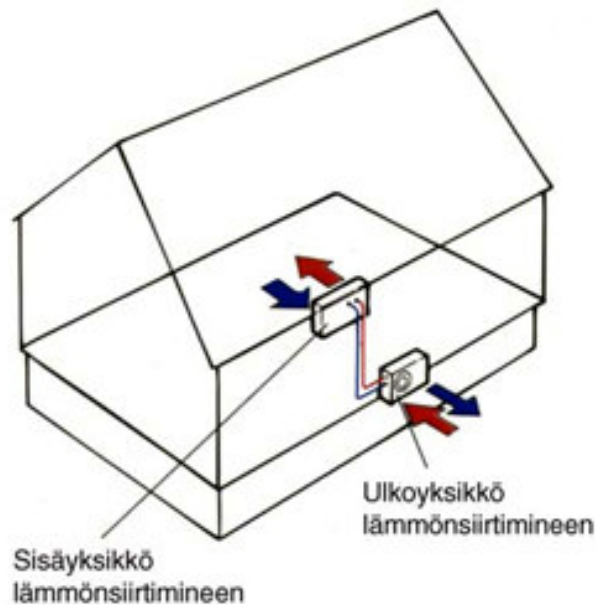
Yläpohjan U-arvo 0,09

## 10 UUSIUTUVAN ENERGIAN TUOTTOLAITTEITA

### 10.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpussa lämmön keruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitetun puhallin/höyrystinyksikön avulla. Lämmön luovutus tapahtuu joko yhden tai useamman puhallin/lauhdutusyksikön kautta suoraan rakennuksen sisäilmaan. Ulkolämpötilan laskiessa lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti. -25°C lämpötilaa kylmemmässä ei lämpöpumppua kannata käynnistää ollenkaan.

Ilmalämpöpumpun huonona puolena onkin, että se tarvitsee rinnalleen toisen täysimittaisen lämmitysjärjestelmän, koska juuri kylmimmillä säillä se ei ole käytettävissä. Hankintakustannus on kuitenkin maalämpöpumppua edullisempi, joten muina vuodenaikoina se soveltuu hyvin alentamaan lämmityskustannuksia. Vuositasolla lämpökerroin vaihtelee huomattavasti ulkolämpötilan vaihteluiden takia. Keskimäärin se on 1,8-2,2.[22.]

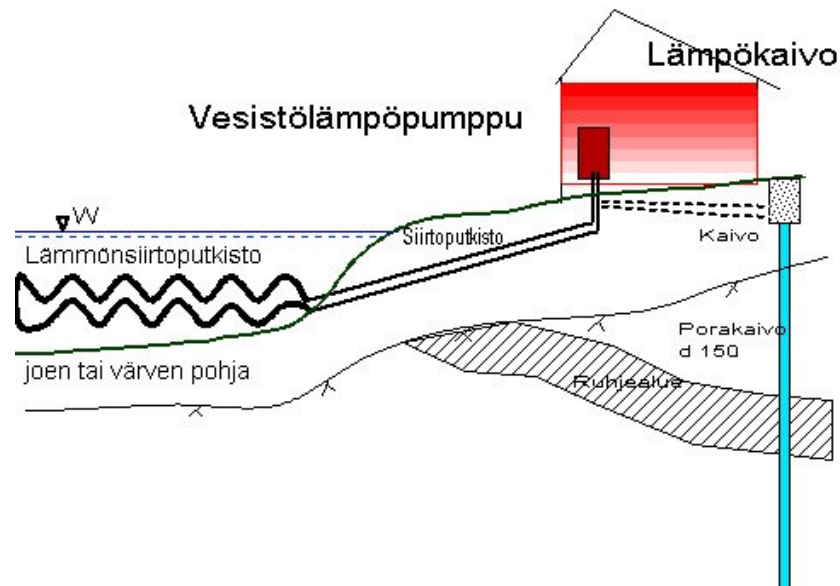


Kuva 9 Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate.[15.]

## 10.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla kerätään varastoitunutta lämpöä maasta, kalliosta tai vesistöstä. Se tapahtuu upotetussa muoviputkistossa kierrätettävällä jäätymättömällä liuoksella höyrystinlämmönsiirtimelle, jossa lämmön siirtyminen kylmäaineeseen tapahtuu. Kylmäaineesta lämpöenergiaa luovutetaan ensin höyrynjäähdytin-lämmönsiirtimessä lämpimän käyttöveden kuumentamiseen varaajaan ja sen jälkeen lauhdutin-lämmönsiirtimessä vesikiertoiseen, mieluiten matalalämpöiseen lattialämmitysjärjestelmään ja/tai käyttöveteen.

Maalämpöpumpun etuna ovat alhaiset käyttökustannukset. Vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä on pitkäikäinen ja joustava muidenkin mahdollisten tulevaisuuden energialähteiden käyttöön. Maapiiriä voidaan kesäaikana käyttää rakennuksen tuloilman jäähdyttämiseen suhteellisen helposti ja edullisesti. Huonona puolena ovat suhteellisen korkeat perusinvestointikustannukset. Aivan pienten (110-120 m<sup>2</sup>) ja matalaenergiatalojen järjestelmän takaisinmaksuaika on varsin pitkä noin 10–15 vuotta. Mitä suurempi talo ja energiankulutus sitä kannattavampi investointi on. Keskimäärin vuositason lämpökertoimet ovat 2,6-3,6.[23.]

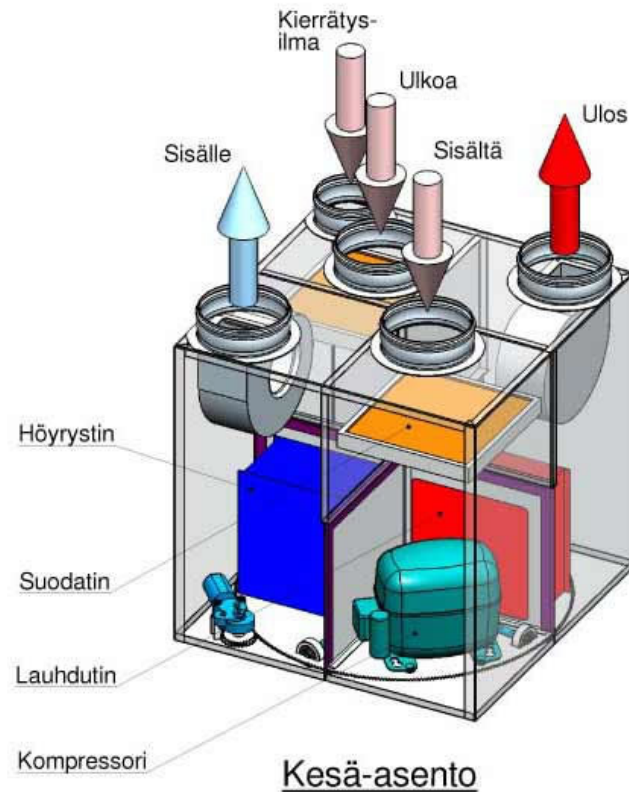


Kuva 10 Maalämpöpumpun toimintaperiaate.[16.]

### 10.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu toimii rakennuksen lämpöpumppuna, ilmastointikoneena ja lämminvesivaraajana. Siinä lämmön keruu tapahtuu höyrystin- tai liuos patterin avulla rakennuksen jäteilmasta ja lämpö luovutetaan lauhdutinpatterin avulla. Saatua lämpöä käytetään valmistajien erilaisista tyypeistä riippuen rakennuksen käyttöveden lämmittämiseen varaajaan, lämmitysverkoston veteen ja joissain tapauksissa myös tuloilmaan. Sähkövastuksia kytetään automaattisesti rinnakkaiskäyttöön, mikäli tarvitaan lisälämpöä. Laite ei vaadi rinnalleen täysimittaista rinnakkaista lämmitysjärjestelmää, koska poistoilman lämpötila pysyy vakiona ulko-ilman lämpötilasta riippumatta.

Poistoilmalämpöpumpun hyviä puolia ovat sen maalämpöpumppua jonkin verran alhaisemmat kokonaishankintakustannukset, koska laite sisältää myös rakennuksen ilmanvaihtolaitteiston. Laite mahdollistaa myös kesäaikaisen jäähdytyksen, eikä siitä aiheudu häiritseviä puhallinääniä ulkona. Haittapuolena on se, että poistoilman energiasisältö kattaa maksimissaankin vain osan rakennuksen lämmitystarpeesta, joten lisälämpöä on saatava muualta, esimerkiksi suorasähköllä tai puulämmityksellä. Vuositasolla lämpökerroin asettuu valmistajien tyypeistä riippuen 1,5 - 2,2 tasolle.[24.]



Kuva 11 Poistoilmalämpöpumpppulaite.[17.]

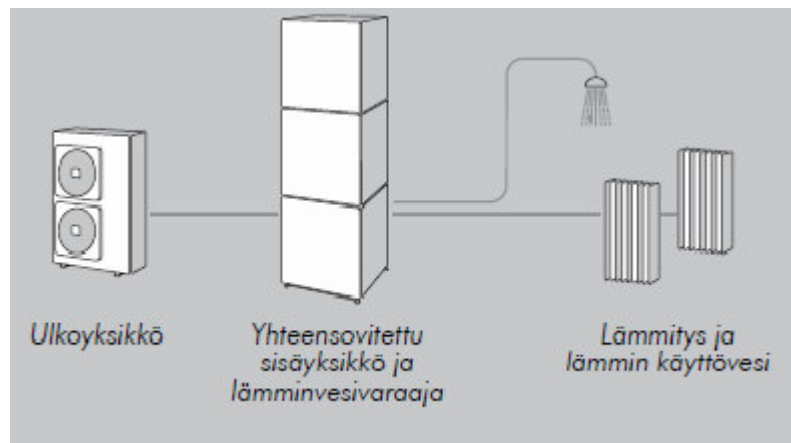
#### 10.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu on uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmityslaitteisto. Se ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja luovuttaa sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Sillä voidaan lämmittää myös lämminkäyttövesi.

Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput, siinä on kaksi lämmönvaihdinta höyrystin ja lauhdutin. Sillä voidaan tuottaa koko rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, mutta lämpötilan laskiessa sen lämmitysteho laskee ja pakkasen kiristyessä alle 20 °C:een, sillä ei voida kattaa rakennuksen koko lämmitystä, joten sen rinnalle on rakennettava täydelle lämmitystarpeelle mitoitettu varajärjestelmä. Varajärjestelmänä käytetään yleensä ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia, joiden avulla lämmitystarve katetaan kovimpien pakkasten aikana. Lämmityskaudella ei kuitenkaan ole montakaan päivää jolloin ilma-vesilämpöpumpun lämmitystarve ei riitä. Ilma-vesilämpöpumpulla varustetussa talossa lämmitykseen

käytettävän sähkönmäärän pienentämiseksi soveltuu erinomaisesti puilla lämmittäminen kovimpien pakkasten aikana. Markkinoilla olevat ilma-vesilämpöpumput kehittyvät koko ajan, varsinkin laitteen toiminta ääriolosuhteissa paranee koko ajan.

Ilma-vesilämpöpumpun etuna voidaan pitää edullisempaa hankinta hintaa verrattuna maalämpöpumppuun, sekä sitä että sen voi asentaa melkein minne tahansa. Sen voi asentaa vanhan vesikiertoisen lämmityksen tilalle tai lisäksi. Haittapuolina voidaan pitää sen ulkohöyrystinyksikön aiheuttamaa ääntä ja suurta jään muodostusta, mikä edellyttää välillä sen sulattamista, josta aiheutuu energian kulutusta ja lämpökertoimen laskua. Ilma-vesilämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin on noin 2,0. [24.]



Kuva 12 Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate.[18.]

## 10.5 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli muuttaa auringon säteilyn sähköksi. Aurinkosähkö on ympäristöystävällinen energialähde. Käytetystä tekniikasta riippuen noin 12-18 % aurinkoenergiasta muuttuu sähköenergiaksi. Jo maaliskuun kevätsäteily riittää täyttämään akuston, jos kennot on mitoitettu oikein.

Aurinkopaneelin edut ovat pitkä elinikä ja toimintavarmuus. Ne tuottavat sähköä huomaamattomasti koko ajan. Aurinkopaneeli tarvitsee latausmuuntimen sekä huomattavan määrän akkuja varastoidakseen kerätyn sähkö.

Tekniikka kehittyi koko ajan ja laitteistojen hinnat halpenevat. Tämä lisää tulevaisuudessa käyttöä.

Aurinkolämpöä voi hyödyntää Suomessa tehokkaasti. Etelä- ja Keski-Suomessa auringon vuosittainen säteilyenergia on noin 1000 kWh/m<sup>2</sup>. Aurinkolämpöjärjestelmät sopivat hyvin lisäenergialähteeksi muiden energiamuotojen rinnalle.

Uusinta tekniikkaa on tyhjiöputkitekniikkaan perustuva aurinkokeräin. Sen lähes asteen keräyskulma hyödyntää myös auringon hajasäteilyn tehokkaasti. Tällöin keräimet tuottavat lämpöä myös puolipilvisellä säällä. Yksi tyhjiöputkikeräin riittää tuottamaan lämpimän käyttöveden nelihenkiselle perheelle jopa 6-7 kuukauden.

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu useammasta komponentista; ulkona sijaitsevasta keräinyksiköstä, pumppuryhmästä, ohjainyksiköstä, kalvopaisuntayksiköstä, lämmönsiirto-putkistosta eristeineen ja siirtonesteestä. Aurinkokeräin on mahdollista yhdistää muihin lämmitysjärjestelmiin. Kannattavinta se on kesällä, jos lämpimän veden kulutus on suurta tai syksyllä ja kevättalvella, kun lattialämmityksen tarve lisääntyy. Tyhjiöputkikeräin tuottaa jo helmikuussa aurinkoisina päivinä 60–70 °C:een lämpötiloja. Ulkolämpötila ei vaikuta tuottoon juurikaan, kunhan siirto-putkisto on eristetty hyvin. Tyhjiöputken sisäkkäisten putkien välissä on tyhjiö, joka toimii erinomaisena eristeenä.

Tyhjiöputkijärjestelmä soveltuu käyttöveden lämmittämiseen omakoti-, rivi- ja kerrostaloissa, lisälämmitysmuodoksi vesikiertoiseen lattialämmitykseen ja uima-altaiden veden lämmitykseen. Hankinta ja asennuskustannuksien jälkeen keräin kuluttaa energiaa ainoastaan kiertovesipumpun vaatiman energiakulutuksen verran noin 40-65W. Keräin on liitettävissä lämminvesivaraajaan tai energiavaraajaan, joissa on aurinkokeräintä varten liitäntä. Aurinkokeräin on myös mahdollista liittää erilliseen, lämmönvaihtimen kautta olemassa olevaan varajaan, sekä suoraan uusiin biokattiloihin, joissa aurinkokeräin liitäntä on valmiina.[25.]



*Kuva 13 Tyhjiöputkikeräin.[19.]*

## 10.6 Tuulisähkö

Tuulisähköä tuotetaan mastoon kiinnitetyllä generaattorilla jota pyörittää tuulen avulla pyörivä propelli. Propellin tulisi ylettyä puiden latvojen yläpuolelle, joten ihan joka paikkaan sitä ei kannata asentaa. Tuulienergia on huomattavasti edullisempaa kuin aurinkopaneelilla tuotettu sähköenergia. Mökkisähkön tuottamiseen, ulkosaaristoon merelle ja järville tuuligeneraattori soveltuu hyvin. Näille alueille ei verkkosähköä ole saatavilla tai se maksaa paljon. Tuulivoimalat ovat myös hyvin toimintavarmoja ja pitkäikäisiä. Tuulivoimalan huonona puolena on sen ääni, jonka nopeasti pyörivä siipi tuottaa ja se että saatava energian määrä riippuu tuulesta, joten saatu energian määrä vaihtelee suuresti.

Omakotitalossa tuulienergiaa voidaan käyttää joko lämmitykseen tai sillä voidaan tuottaa osa vuotuisesta sähkönkulutuksen tarpeesta. Tuulienergialla voidaan joko lämmittää vettä tai se voidaan kytkeä adapterin avulla suoraan talon sähköverkkoon. Tuulienergia soveltuu hyvin talon lisälämmitykseen tai sähköntuottoon muiden järjestelmien lisäksi. Tuulivoimala tarvitsee aina rakennusvalvonnalta luvan. Pelkkä toimenpidelupa riittää jossain tapauksissa. Taajama-alueelle ei todennäköisesti saa lupaa kuin hyvin pienelle voimalalle. Tuulivoimala on hyvä lisä talon energian tuottoon, mikäli paikka on sille soveltuva ja saa luvan tarpeeksi tehokkaalle voimalalle.[26.]



*Kuva 14 Pientuulivoimala.[20.]*

## **11 VÄHÄN ENERGIAA KULUTTAVAT TALOT**

### **11.1 Matalaenergiatalo**

Vanhan määritelmän mukaan matalaenergiatalo saa kuluttaa puolet siitä mitä sen rakentamis-ajankohdan rakennusmääräysten mukainen talo kuluttaa lämmitysenergiaa. Nykyisten 2010 voimaan astuneiden määräysten jälkeen matalaenergiataloksi katsotaan sellainen talo, jonka lämpöhäviö on korkeintaan 85 prosenttia määräysten mukaisen talon vertailulämpöhäviöstä. Energiankulutus ja lämpöhäviö ovat laskennallisia. Matalaenergiatalo kuluttaa energiaa Etelä-Suomessa alle 60 KWh/brm<sup>2</sup>, ja Pohjois-Suomessa alle 90 KWh/brm<sup>2</sup>. Matalaenergiatalo pystytään tänä päivänä toteuttamaan ilman erikoisratkaisuja. Matalaenergiatalon voi toteuttaa ilman vaipan lisäeristämistä, riittää kun käyttää lämmitykseen esimerkiksi ilmalämpöpumppua tai maalämpöä. [ 21.]



## 11.2 Passiivitalo

Passiivitalo ei yleisen määritelmän mukaan tarvitse ollenkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Suomessa tähän ei kuitenkaan päästä kustannustehokkaasti joten Suomessa passiivitalo kuluttaa VTT:n mukaan Etelä-Suomessa 20 KWh/brm<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa alle 30 KWh/brm<sup>2</sup> lämmitysenergiaa.

## 11.3 Nollaenergiatalo ja Plusenergiatalo

Nollaenergiatalo tuottaa uusiutuvaa energiaa yhtä paljon kuin se kuluttaa uusiutumatonta energiaa. Plusenergiatalo tuottaa enemmän uusiutuvaa energiaa vuositasona, kuin kuluttaa uusiutumatonta energiaa. Tällaisia taloja voi rakentaa Suomeenkin, mutta se vaatii jo erikoislaitteita energian tuottamiseksi.[21.]

## 12 MIKSI RAKENTAA ENERGIA TEHOKAS TALO ?

Rakennuksen lämmitystarve vähenee, joten säästyy rahaa ja ns. kasvihuonepäästöjä syntyy vähemmän. Saavutetaan miellyttävämpi sisäilmasto, koska lämpötila on tasaisempi eikä vedontunnetta esiinny, koska tuloilma on esilämmitettyä ja vaipassa ei esiinny ilmavuotoja. Vältetään mahdolliselta energian hinnan nousun aiheuttamalta käyttökustannusten nousulta. Lisäksi rakennuksen jälleenmyyntiarvo säilyy paremmin ja se on helpompi myydä.

## 13 YHTEENVETO

Suomalaisella puisella pientalolla on pitkä historia, mutta suurimman ja nopeimman rakenteellisen muutoksen se koki jälleenrakennuskaudella tapahtuneen voimakkaan rakentamisen aikana. Tällöin valtasi rankarunkoinen sahanpurulla eristetty puutalo lopullisesti markkinat yleisimpänä pientalon rakenteena. Tätä tyyppitalojen rakentamisen aikaa varjosti huutava materiaali-pula, joten rakennusmateriaaleja käytettiin säästellen. Tästä johtuu todennäköisesti suomalaista rakentamista vaivaava halu rakentaa halvalla.

Kun taloja on aina vaan rakennettu mahdollisimman halvalla ja energian hinta on ollut suhteellisen edullinen rakennuskustannuksiin nähden, ei ole juuri kenelläkään ollut halua rakentaa talostaan yhtään energiatehokkaampaa kuin minimimääräys on vaatinut. 1970-luvun energiakriisi herätti päättäjiä puuttumaan uudisrakennusten lämmöneristävyyyteen ja energiatehokkuuteen ja laatimaan niistä määräykset. Näistä ensimmäiset vuonna 1976 voimaan tulleet eivät juuri muuttaneet vallinnutta rakennuskäytäntöä.

Vuonna 1978 voimaan tulleet määräykset tehostivat rakennusten energiatehokkuutta jo reilummin ja aiheuttivat rakenteiden lämmöneristyksen kasvua vallitsevaan käytäntöön nähden. Vasta vuonna 1985 voimaan tulleiden määräysten jälkeen rakennettuja taloja voidaan pitää lämmöneristävyydeltään ja asumismukavuudeltaan kohtuullisina. Näillä määräyksillä rakennettiinkin aina vuoteen 2003 asti, jolloin määräyksiä vasta uudistettiin seuraavan kerran. Nämä määräykset täyttävää taloa voidaankin jo pitää energiatehokkuudeltaan ja asumismukavuudeltaan hyvänä.

2008 voimaan tulleet määräykset olivat vain siirtymää odoteltaessa uusia todella kireitä määräyksiä, jotka tulivat voimaan 2010. Uudet määräykset lisäsivät eristepaksuuksia huomattavasti ja aiheuttavat keskustelua mahdollisesti rakenteisiin syntyvistä kosteusongelmista. Voidaankin kysyä olisiko määräyksiä pitänyt uudistaa nopeammin tiukemmaksi, ettei nyt tarvitsisi tiukentaa niin paljon kerralla. Tämäkin rakennusten energiatehokkuuden kehitys sopii hyvin suomalaiseen rakennuskulttuuriin, ensin ei tapahdu kehitystä ollenkaan ja sitten juuri mitään tutkimatta otetaan uusia asioita käyttöön ja katsotaan vuosien päästä niiden toimivuus.

Rakennuksen sijainnilla ja sen suunnalla voidaan säästää huomattavasti energiaa. Myös talon muoto ja ikkunat sekä niiden suunta vaikuttavat yllättä-

vän paljon talon energiankulutukseen. Eteläsuunta on selvästi edullisin ilmansuunta talon pääikkunoille.

Nykyaikaisen talon ilmanvaihto kyetään toteuttamaan niin, että se on tehokasta, hallittua ja suhteellisen energiatehokasta. Asunnossa on riittävä ilman vaihtuvuus ilman häiritsevää vedon tunnetta. Lisäksi ilmanvaihdolla kyetään hallitsemaan talon sisällä vaikuttavaan ilman kosteuteen.

Nykyisin on markkinoilla laitteita, joilla voidaan tuottaa energiaa uusiutuvalla energialla. Tämä mahdollistaa vanhankin talon ostoenergian määrän pienentämisen huomattavasti, ilman että itse talon lämmöneristävyttä parannetaan. Tällainen uusiutuvalla energialla tuotettu talon energiatehokkuuden parannus onkin monesti järkevämpää kuin itse talon lisälämmöneristäminen, varsinkin jos taloon ei ole aihetta tehdä suurta korjausta.

## VIITELUETTELO

- [1] Siikanen Unto, Puurakentaminen, 2008, Rakennustieto OY.
- [2] Kummala Petteri, Lamasalvoksesta Elementtitekniikkaan, 2005, Suomen rakennustaiteen museo.
- [3] Kaila Panu, Talotohtori, 1997, WSOY-kirjanpainoyksikkö.
- [4] Suomen kuitulevy historia. [verkkodokumentti, viitattu 30.3.2010] Saatavissa: [www.suomenkuitulevy.fi/fi/suomenkuitulevyoy/historia](http://www.suomenkuitulevy.fi/fi/suomenkuitulevyoy/historia)
- [5] Siikanen Unto, Rakennusaineoppi, 2001, Rakennustieto OY.
- [6] Ojala Kari, 2009, Parempi Pientalo, ALFAMER OY.
- [7] Rintamiestalo [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [www.rintamamiestalo.fi/Kuvat/80-3245i.jpg](http://www.rintamamiestalo.fi/Kuvat/80-3245i.jpg)
- [8] Rakentajan kalenteri [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2010] Saatavissa: <http://rakentajainkalenteri.fi/historia.shtml>
- [9] Rakennuksen sijainti [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [www03.edu.fi/oppimateriaalit/aurinko/aurinkolammon\\_passiivinen\\_hyodyntaminen/auringon\\_suora\\_hyodyntaminen/kuva3.2\\_iso.jpg](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/aurinko/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen/auringon_suora_hyodyntaminen/kuva3.2_iso.jpg)
- [10] Painovoimainen ilmanvaihto [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [www.asuntotieto.com/20000i\\_RAKENNUS\\_JA\\_REMONTTITIETO/2009\\_s/16-Painovoim\\_IV/kaavakuva1.JPG](http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITIETO/2009_s/16-Painovoim_IV/kaavakuva1.JPG)
- [11] Ilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/SahkoalaKoti/sahkoala\\_koti\\_2009/lammin\\_koti/fi\\_FI/ilmanvaihto/\\_files/81059297691633122/default/enervent.jpg](http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/SahkoalaKoti/sahkoala_koti_2009/lammin_koti/fi_FI/ilmanvaihto/_files/81059297691633122/default/enervent.jpg)
- [12] Lautarakennuksen runko RT-kortti 822.21 1947.
- [13] Alapohja RT-kortti 823.33 1947.
- [14] Yläpohja RT-kortti 832.31 1947.
- [15] Ilmalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [http://www.lampoenergia.fi/uploads/images/pumppu\\_1.jpg](http://www.lampoenergia.fi/uploads/images/pumppu_1.jpg)
- [16] Maalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: <http://www.raol.roiakk.fi/kt/lvi/lampu/03/vesikai.jpg>
- [17] Poistoilmalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: [www.merair.fi/upload/kuvat/kesaasento.jpg](http://www.merair.fi/upload/kuvat/kesaasento.jpg)
- [18] Ilma-vesilämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: <http://www.ilmalampocenter.fi/Altherma%20ht%20kuva.png>

- [19] Tyhjiöputkikeräin [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: <http://www.nn-energy.fi/img/kolnn10.jpg>
- [20] Tuulivoimala [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2010] Saatavissa: <http://www.hs.fi/kaupunki/artikkeli/Pieni+tuulivoimala+py%C3%B6r%C3%A4hti+k%C3%A4yntiin+Helsingin+Viikiss%C3%A4/1135232145833>
- [21] Matalaenergiatalo [verkkodokumentti, viitattu 12.4.2010] Saatavissa: [www.motiva.fi/rakentaminen/millainen\\_on\\_energiatehokas\\_pientalo/matalaenergiatalon\\_maaritelmiä](http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo/matalaenergiatalon_maaritelmiä)
- [22] Ilmalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 26.3.2010] Saatavissa: [www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=21&Itemid=115](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=115)
- [23] Maalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 26.3.2010] Saatavissa: [www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=116](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=116)
- [24] Poistoilmalämpöpumppu [verkkodokumentti, viitattu 26.3.2010] Saatavissa: [www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=114](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114)
- [25] Aurinkolämpö [verkkodokumentti, viitattu 27.3.2010] Saatavissa: [www.pellettipojat.fi/wwwpelletti.nsf/pages/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6](http://www.pellettipojat.fi/wwwpelletti.nsf/pages/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6)
- [26] Tuulienergia [verkkodokumentti, viitattu 27.3.2010] Saatavissa: [www.pellettipojat.fi/wwwpelletti.nsf/pages/Tuulienergia](http://www.pellettipojat.fi/wwwpelletti.nsf/pages/Tuulienergia)

